

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-211813

(43)Date of publication of application : 29.07.2004

(51)Int.Cl. F16C 19/52
B61F 15/12
F16C 19/38
F16C 33/58
F16C 41/00
G01M 13/04

(21)Application number : 2002-382635 (71)Applicant : NSK LTD

(22)Date of filing : 27.12.2002 (72)Inventor : MIYASAKA TAKANORI
ARAMAKI HIROTOSHI
MUTO YASUYUKI

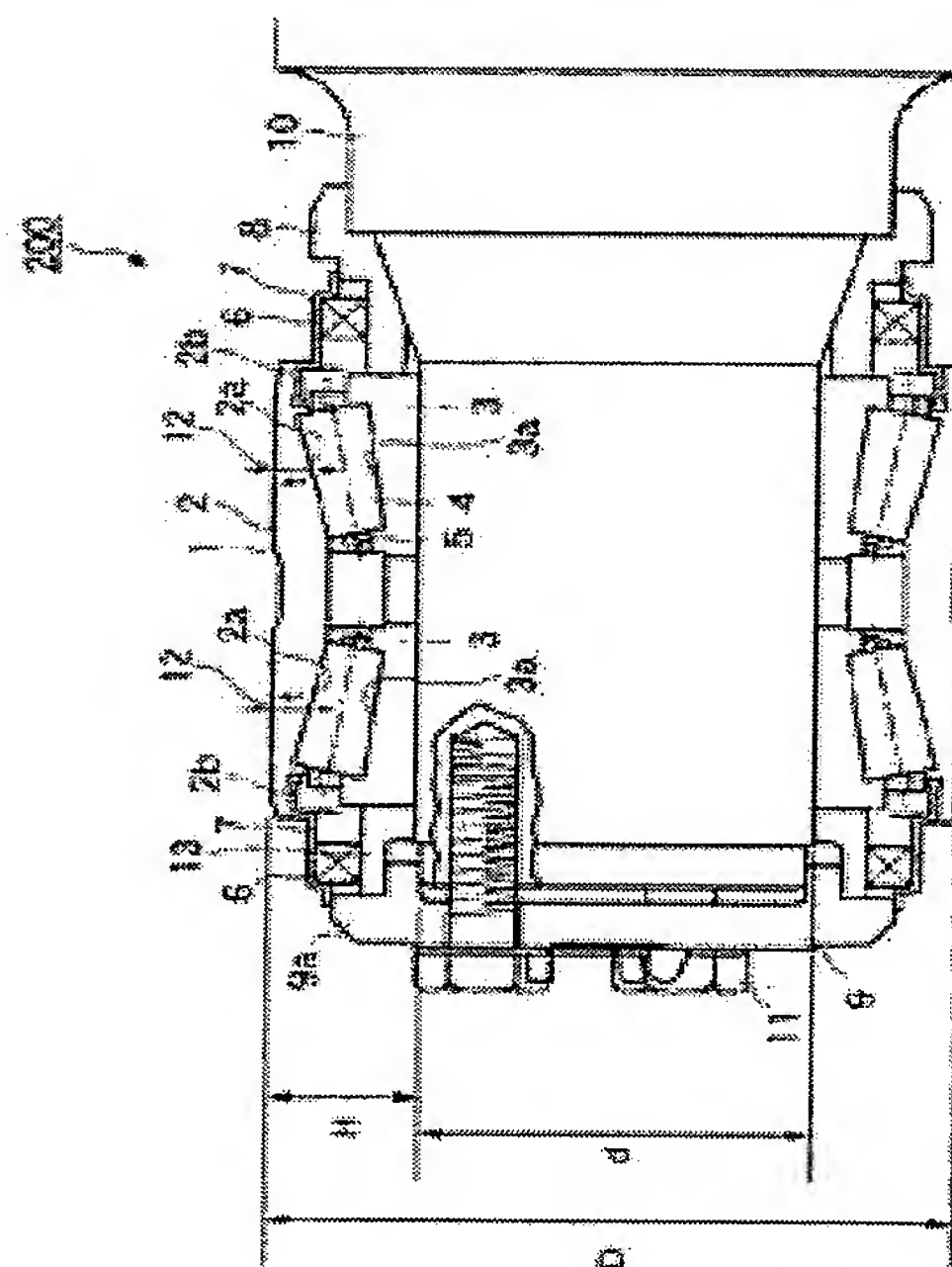
(54) BEARING DEVICE FOR AXLE OF ROLLING STOCK

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a bearing device for an axle of a rolling stock capable of improving an SN ratio of a signal.

SOLUTION: This bearing device for the axle, of the rolling stock, comprises an inner ring having an inner ring raceway and externally fitted to the axle of the rolling stock, an outer ring having an outer ring raceway and internally fitted to a vehicle main body side of the railway vehicle, and a plurality of rolling elements rotatably held between the inner ring raceway and the outer ring raceway. This bearing device for the axle of the rolling stock has an outer ring thin part on a center of a contact width of the outer ring and the rolling element,

and a thickness t of the outer ring thin part and a radial cross-sectional width H satisfy $0.75 \leq t/H \leq 1.05$. Here, (radial cross-sectional width H) = (outer diameter of outer ring-inner diameter of inner ring) / 2.



CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]

An inner ring of spiral wound gasket which has an inner race track and is attached outside an axle of a rail car,

An outer ring of spiral wound gasket which has an outer race track and carries out inner fitting to the vehicle body side of a rail car,

Two or more rolling elements held enabling free rolling between said inner race track and said outer race track,

It is a bearing device for axles of a rail car provided with anti-friction bearing which ****,

An outer-ring-of-spiral-wound-gasket thin-walled part is provided in the center of contact width of said outer ring of spiral wound gasket and said rolling element,

A bearing device for axles of a rail car, wherein the thickness t of said outer-ring-of-spiral-wound-gasket thin-walled part and the diameter direction sectional width H fill the following expressions of relations.

$$0.75 \leq t/H \leq 1.05$$

It is here,

(Diameter direction sectional width H) = (outer-ring-of-spiral-wound-gasket outer diameter - inner ring inside diameter) / 2

[Claim 2]

A bearing device for axles of the rail car according to claim 1, wherein said outer-ring-of-spiral-wound-gasket thin-walled part is arranged at the load area of said anti-friction bearing.

[Claim 3]

A bearing device for axles of the rail car according to claim 1 or 2, wherein a sensor in which an output is possible is attached to said outer-ring-of-spiral-wound-gasket thin-walled part by making into an electrical signal a signal generated from said anti-friction bearing.

[Claim 4]

A bearing device for axles of a rail car of Claims 1-3 including in a cart of a rail car given in any 1 paragraph.

[Claim 5]

A bearing device for axles of a rail car of Claims 1-4 characterized by diagnosing existence of abnormalities of said anti-friction bearing based on information acquired via said sensor given in any 1 paragraph.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]

This invention relates to the bearing device for axles of a rail car, and relates to a bearing device suitable for abnormality diagnosis.

[0002]

[Description of the Prior Art]

Conventionally, with the bearing device which supports the axle of a rail car enabling free rotation, in order to prevent inconvenient generating by the wear and breakage of bearing component part which are slide members, it is made to carry out a decomposition visual inspection periodically.

This decomposition visual inspection removes a bearing from vehicles after use of the fixed time of vehicles, and decomposes, and the skilled special inspection person in charge checks the degree of wear of each component parts and the existence of a crack which were decomposed by viewing. By this check, if abnormalities, such as unevenness, wear, etc. which are not in new parts, are detected, it will exchange for a new article and will assemble again.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

However, this overhaul required the great labor for the disassembling operation which removes a bearing from vehicles, and the inclusion work which reassembles inspected bearing component part again, and there was a problem of causing large increase of maintenance and management cost of vehicles.

[0004]

For example, when reassembling, a possibility of becoming a cause by which the inspection itself induces the defect of a bearing also has giving the dent which was not before an inspection to bearing component part etc.

In order to inspect many bearings visually by within a time [limited], there was also a problem that a possibility of overlooking a defect remained.

In a visual inspection, individual difference arises in judgment of the grade of a defect, even if there is no defect substantially, it may be regarded as those with defective and a parts replacement may be performed, and cost also becomes starts vainly.

[0005]

On the other hand, the state of a bearing is observed using a sensor etc., and the technique of performing abnormality diagnosis is also proposed, without overhauling. However, when the signal to noise ratio of a signal is bad, the accuracy of abnormality diagnosis falls and there is also a problem that the reliability of a diagnostic result will be lost.

[0006]

In view of the above-mentioned problem, it succeeds in this invention, and it is a thing.

It is providing the bearing device for axles of the rail car which can raise the purpose.

[0007]

[Means for Solving the Problem]

The purpose of describing this invention above is attained by bearing device for axles of the following rail cars.

(1) An inner ring of spiral wound gasket which has an inner race track and is attached outside an axle of a rail car,

An outer ring of spiral wound gasket which has an outer race track and carries out inner fitting to the vehicle body side of a rail car,

Two or more rolling elements held enabling free rolling between said inner race track and said outer race track,

It has anti-friction bearing which ****,

An outer-ring-of-spiral-wound-gasket thin-walled part is provided in the center of contact width of said outer ring of spiral wound gasket and said rolling element,

A bearing device for axles of a rail car, wherein the thickness t of said outer-ring-of-spiral-wound-gasket thin-walled part and the diameter direction section H fill the following expressions of relations.

$$0.75 \leq t/H \leq 1.05$$

It is here,

(Diameter direction section H) = (outer-ring-of-spiral-wound-gasket outer diameter - inner ring inside diameter) / 2

(2) A bearing device for axles of a rail car of (1), wherein said outer-ring-of-spiral-wound-gasket thin-walled part is arranged at the load area of said anti-friction bearing.

(3) (1) or a bearing device for axles of a rail car of (2), wherein a sensor in which an output is possible is attached to said outer-ring-of-spiral-wound-gasket thin-walled part by making into an electrical signal a signal generated from said anti-friction bearing.

(4) A bearing device for axles of which rail car of (1) - (3) including in a cart of a rail car.

(5) A bearing device for axles of which rail car of (1) - (4) characterized by diagnosing existence of abnormalities of said anti-friction bearing based on information acquired via said sensor.

[0008]

According to this invention, the signal to noise ratio is able to detect a good signal by attaching a sensor to an outer-ring-of-spiral-wound-gasket thin-walled part, and reading a signal in a bearing. This becomes the most remarkable, when an outer-ring-of-spiral-wound-gasket thin-walled part is provided in a load section which transmits a shimmy most strongly and a

sensor is attached. Therefore, without disassembling a bearing device, it becomes possible to perform high-precision abnormality diagnosis, and labors concerning abnormality diagnosis can be reduced.

[0009]

[Embodiment of the Invention]

Hereafter, the embodiment of the bearing device for rail cars applied to this invention based on an accompanying drawing is described in detail.

[0010]

Drawing 1 is a sectional view showing the bearing device 200 for rail cars concerning this invention. The outer ring of spiral wound gasket 2 which the bearing device 100 countered the inner rings 3 and 3 attached outside the axle 10 of a rail car, the inner rings 3 and 3, and a diameter direction, and has been arranged, It is constituted by the double row tapered roller bearing 1 which equipped each sequence with 4 and the cage 5 holding two or more time at two or more times as a rolling element arranged between the outer ring of spiral wound gasket 2 and the inner ring 3. This bearing 1 has structure which supports the whole body so that rotation of an axle may be attained via the cart of vehicles.

[0011]

It is being fixed on the axle 10 and the inner rings of spiral wound gasket 3 and 3 are turning wheels rotated with the axle 10. The inner race tracks 3a and 3a are formed in the outer diameter surface of the inner rings of spiral wound gasket 3 and 3, respectively, and the roller 4 is rolled along the inner race tracks 3a and 3a, respectively.

[0012]

The outer ring of spiral wound gasket 2 is a stillness ring by which the outer diameter of the inner rings 3 and 3 is being fixed to the cart by the side of the body of a rail car. Corresponding to the rollers 4 and 4, the two outer race tracks 2a and 2a are formed in the inside diameter side of the outer ring of spiral wound gasket 2, and the roller 4 is rolled along the outer race tracks 2a and 2a, respectively. The seal cases 7 and 7 holding the oil seals 6 and 6 extend to shaft orientations, and are attached to both-side-surfaces end 2b of the outer ring of spiral wound gasket 2, and 2b, respectively.

[0013]

The oil seals 6 and 6 are attached to the inside diameter side of the seal cases 7 and 7. The oil seals 6 and 6 are functioning as a sealing member prevented so that dust, such as garbage and dust, may not flow in bearing space from the exterior so that the lubricant closed by the bearing space between the outer ring of spiral wound gasket 2 and the inner ring 3, such as oil and grease, may not leak outside.

[0014]

The front lid 9 is being fixed to the axial end of the axle 10 with the bolt 11. The diameter direction end of the front lid 9 touches the seal case 7 by the side of the front lid 9, and the front lid 9 slides on it to the seal case 7 at the

time of rotation. The oil drainer 13 is arranged between the front lid 9 and the inner ring of spiral wound gasket 3. The oil seal 6 attached to the seal case 7 by the side of the front lid 9 is closing between the oil seal 6 and the oil drainer 13 by carrying out sliding contact to the oil drainer 13.

[0015]

On the other hand, the rear lid 8 is being fixed to bearing 1 end which hits the opposite hand of the front lid 9 between the inner ring of spiral wound gasket 3 and the axle 10. The oil seal 6 which is carrying out sliding contact of the seal case 7 attached to the rear lid 8 side to the rear lid 8, and was attached to the seal case by the side of the rear lid 8 is closing between the oil seal 6 and the rear lid 8 by carrying out sliding contact to the rear lid 8.

[0016]

Compared with the usual bearing, the outer ring of spiral wound gasket 2 has the thin-walled parts 12 and 12 with thin thickness of the outer ring of spiral wound gasket 2, and comprises this embodiment. When the thin-walled part 12 is a field where the rollers 4 and 4 contact in the outer ring of spiral wound gasket 2, it is formed in the part corresponding to the axial direction center of 4, respectively. Here, the thin-walled parts 12 and 12 in this embodiment fill the following relations to a bearing size.

$$0.75 \leq t/H \leq 1.05 \dots (1)$$

It is here,

t: Diameter direction thickness in the thin-walled part 12 of the outer ring of spiral wound gasket 2 (thickness of the thin-walled part 12)

d: Inner-ring-of-spiral-wound-gasket inside diameter

D: Outer-ring-of-spiral-wound-gasket outer diameter

H: Diameter direction sectional width =(outer-ring-of-spiral-wound-gasket outer diameter-inner ring inside diameter) /2

[0017]

On the outer-ring-of-spiral-wound-gasket 2 outer diameter surface which are these thin-walled parts 12 and 12, the sensor provided with the sensing element which collects the vibration, sounds, or AE information on a bearing in abnormality diagnosis is attached, respectively, and vibration generated in a bearing by a sensor is collected. The thickness of the field (thin-walled parts 12 and 12) of the outer ring of spiral wound gasket 2 to which a sensor is attached comprises this embodiment, as indicated by the formula (1). Since the vibration from the inside of a bearing becomes that it is easy to be transmitted to a sensor when considered as thin meat which has the thickness of the outer ring of spiral wound gasket 2 in the range of the above-mentioned formula (1), as compared with other noises, the sensitivity which detects vibration which originates unusually [the inside of a bearing] becomes high, and the signal to noise ratio improves.

[0018]

It is necessary to form this thin-walled part 12 in no parts of the outer ring of spiral wound gasket 2, and it may be constituted only in the part where a

sensor is arranged. Generally, since it is arranged at the load area (part where load is applied) of the outer ring of spiral wound gasket 2, a sensor may be constituted so that the thin-walled part 12 which fills the above-mentioned formula (1) may be formed only in the load area of the outer ring of spiral wound gasket 2.

[0019]

As a sensor incorporated, the sensing element which detects temperature, number of rotations, a strain, etc. with the sensing element which detects the above-mentioned information may be the compound sensor unit united and incorporated.

It may constitute so that an amplifier may be formed in a sensor unit case interior, respectively. While the signal outputted from the sensor is outputted via a cable, a noise enters, and a possibility that the reliability of measurement may fall is, but by enlarging the signal level via the amplifier beforehand, it becomes difficult to be influenced by a noise and reliability improves.

[0020]

A signal is transmitted by the cable (cable) between a sensor and the exterior. a cable (cable) -- the reduction equimeasure of a noise -- a law -- in order to raise accuracy, it is preferred to have water proof, oilproofness, protection against dust, rust prevention, moisture proof, a heatproof, and electromagnetism-proof noise nature. the same -- each sensing element of a sensor -- the reduction equimeasure of a noise -- a law -- in order to raise accuracy, it is preferred to have water proof, oilproofness, protection against dust, rust prevention, moisture proof, a heatproof, and electromagnetism-proof noise nature. For example, it is possible by storing all the sensing elements in a sensor unit, and giving water proof, oilproofness, protection against dust, rust prevention, moisture proof, a heatproof, and electromagnetism-proof noise nature to the case of a sensor to carry out.

[0021]

Hereafter, the abnormality diagnosis using a sensor is explained. Drawing 2 is a figure showing the entire configuration of the abnormality diagnosis device which used the sensor 22. In drawing 2, it explains that it is the composition that the sensor 22 was attached to the thin-walled part 12 of the outer ring of spiral wound gasket 2 of the bearing 1. The sensor 22 explains noting that the temperature detector 22b, the rotation sensor 22c, and the vibration detection element 22c are stored inside sensor case 22a, as shown in drawing 3 (a). As shown in drawing 3 (b), it may be the composition that the amplifier is formed corresponding to each sensing element. Each sensing elements 22b-22d detect the temperature of the bearing 1, number of rotations, and vibration, respectively, and output them to the external arithmetic processing section 30.

[0022]

The arithmetic processing section 30 is a unit which performs data processing of the electrical signal which is the output received from each sensing

elements 22b–22d, and performs pinpointing of the existence of the abnormalities of a bearing, and an abnormal occurrence part. The arithmetic processing section 30 may be constituted using the existing operation system and the personal computer with which the software application for abnormality–diagnosis execution was installed, for example, and may be constituted as the processing which became independent for each part, and an arithmetic unit which comprises a storage circuit.

[0023]

The arithmetic processing section 30 has the data accumulation distribution part 31, the thermometric analysis part 32, the rotation analyzer 33, the filtering part 34, the analysis–of–vibration part 35, the comparison judgment part 36, the in–house–data preserving part 37, and the data accumulation outputting part 38. Hereafter, the composition and the function of each part of the arithmetic processing section 30 are explained in full detail.

[0024]

Drawing 4 is a figure showing the data accumulation distribution part 31 which is the 1st data accumulation part. The data accumulation distribution part 31 is provided with the following.

Data accumulation part 31a.

Sampling section 31b.

Sampling standard set part 31c.

The data accumulation part 31a is a data storage medium which saves the output signal from each sensing elements 22b–22d for every signal, and can be constituted from various memories, a hard disk, etc.

[0025]

The data accumulation part 31a receives the signal sent from each sensing elements 22b–22d, and accumulates it temporarily, and it distributes a signal for any of each analyzer 32, 33, and 34 being according to the kind of signal. Various signals are changed into a digital signal by the A/D converter which is not illustrated in the preceding paragraph sent to the data accumulation distribution part 31.

[0026]

The sampling standard set part 31b sets up a reference value for the influence of a noise to except a large field from the analog signal which the vibration detection element 22d outputted based on the information acquired from the external input part 100. The input part 100 is an input means of a mouse keyboard etc., and the user can set up a reference value arbitrarily via the input part 100 here.

[0027]

Sampling **** for the sampling section 31c cutting down vibration, temperature, and rotational frequency data which are temporal data to predetermined length, and outputting a signal to the latter analyzer. When the output signal from the vibration detection element 22d contains the bigger noise than the reference value which the sampling standard set part 31b set

up, this sampling section 31c, A signal is not sampled about the time zone when the noise is contained, but a signal is made not to be outputted to the latter filtering part 34. specifically, it has become beyond constant value with a signal level -- being certain -- two A and B are detected and it controls between the time of A to B not to output data to the direction of the filtering part 34 and the analysis-of-vibration part 35. It is possible to make small a possibility of becoming possible to be made not to perform the frequency component of the segment of time which contains big noise data by this, and performing mistaken abnormality diagnosis. As long as it is possible for it not to be necessary to necessarily provide and and to do the same effect so, the sampling standard set part 31b and the sampling section 31c may be constituted so that it may arrange, for example at somewhere else, such as the preceding paragraph of the data accumulation part 31a.

[0028]

The thermometric analysis part 32 computes the temperature of a bearing based on the output signal from the temperature detector 22b, and sends out the computed temperature to the comparison judgment part 36. The analyzer 32 has a temperature conversion table according to the characteristic of the sensing element, for example, and computes temperature data based on the level of a detecting signal.

[0029]

Based on the output signal from the rotation sensor 22c, the inner ring of spiral wound gasket 24 and a jam compute the revolving speed of an axle, and the rotation analyzer 33 sends out the computed revolving speed to the comparison judgment part 36. For example, when the rotation sensor 22c comprises an encoder attached to the inner ring 24, a magnet attached to the outer ring of spiral wound gasket 23, and a magnetism detecting element, the signal which the rotation sensor 22c outputs turns into a pulse signal according to the shape and revolving speed of the encoder. The rotation analyzer 33 has the predetermined transform function or translation table according to the shape of the encoder, and computes the number of rotations of the inner ring of spiral wound gasket 24 and an axle from a pulse signal according to a function or a table.

[0030]

The analysis-of-vibration part 35 conducts frequency analysis of vibration generated in the bearing 21 based on the output signal from the vibration detection element 22d. The analysis-of-vibration part 35 is an FFT calculation part which computes the frequency spectrum of a vibration signal, and, specifically, computes the frequency spectrum of vibration based on the algorithm of FFT. The computed frequency spectrum is sent to the comparison judgment part 36. The analysis-of-vibration part 35 may perform envelope processing which asks for the envelope of a vibration signal as pretreatment which performs FFT, and it may constitute it so that reduction of a noise may be aimed at. If needed, the analysis-of-vibration part 35 also

sets the envelope data after envelope processing, and is outputted to the comparison judgment part 36.

[0031]

Generally, the abnormal frequency belt of vibration which originates in rotation of a bearing and is produced was decided depending on the size of a bearing, the number of rolling elements, etc. The defect of each member of a bearing and the relation of the shimmy frequency generated in each member are as being shown in drawing 5. In frequency analysis, as for the frequency more than a Nyquist rate, since the maximum frequency (Nyquist rate) in which the Fourier transform is possible is decided according to sampling time, not being contained in a vibration signal is preferred. Therefore, the filtering part 34 is formed between the data accumulation distribution part 31 and the analysis-of-vibration part 35, and it constitutes from this embodiment so that the vibration signal which cuts down a predetermined frequency band in the filtering part 34, and contains only the cut-down frequency band may be sent out to the analysis-of-vibration part 35. What is necessary is just to constitute in a rail car, for example so that only a frequency component of 1 kHz or less may be extracted when the axle is rotating at a low speed.

[0032]

After not performing filtering at first, but asking for frequency spectrum first in the analysis-of-vibration part 35, estimating beforehand the frequency band with which a peak is observed and performing filtering corresponding to a frequency band after that, the filtering part 34 may be constituted so that frequency analysis may be conducted anew. Also by constituting in this way, an unnecessary noise is eliminated effectively and it becomes possible to conduct high-precision frequency analysis.

[0033]

Since a signal is detectable with sufficient sensitivity if it attaches to the sensor 22 and the part (the load area) which has required load especially in the vibration detection element 22d, higher-precision measurement can be performed. Here, as the load area is shown in drawing 5, the load over a rolling element points out the field by which load is carried out.

[0034]

When the high-tension cable which generates the time of there being no space to which a sensor is attached in the load area, and a noise is allocated and it attaches to the non-load area unavoidably, measurement becomes possible by raising the detection sensitivity of a signal by filtering etc.

[0035]

The comparison judgment part 36 compares the reference value computed out of the frequency spectrum of vibration for which the analysis-of-vibration part 35 asked, and the reference value saved at the in-house-data preserving part 37 or frequency spectrum, and judges whether the shimmy has occurred or not. Here, a reference value is data of the frequency component resulting from wear and breakage of the specific site of a bearing, or a predetermined

value contained in the spectrum searched for for every frequency spectrum. Simultaneously with the judgment by comparison of a frequency component, the comparison judgment part 36 expects the accuracy of a judgment with reference to specification item data, such as an analysis result of temperature and revolving speed obtained from the thermometric analysis part 32 and the rotation analyzer 33, and various data of the bearing accumulated in the in-house-data preserving part 37.

[0036]

When judged with those with abnormalities based on the frequency spectrum of vibration, the comparison judgment part 36 checks the temperature of a bearing, and if temperature is over the predetermined value, specifically, it will judge that serious abnormalities have occurred. When any or a chisel shows abnormalities, it is judged that a certain abnormalities have arisen. And if both of the results are normal, it will be judged that he has no abnormalities. It may constitute so that it may be judged as those with abnormalities, when a result does not change, even if it performs a multiple-times judging, when only either shows abnormalities. The comparison judgment part 36 outputs the result of abnormality diagnosis to the data accumulation outputting part 38.

[0037]

The following methods are mentioned as concrete processing of the abnormality diagnosis based on the vibration information which the comparison judgment part 36 performs.

[0038]

(1) How to use the effective value of envelope data as a reference value

In this method, it asks for the frequency component generated at the time of abnormalities based on the formula of drawing 5. And the effective value of envelope data is computed and the reference value for comparison is calculated from this effective value. And the frequency beyond a reference value is computed and comparison with the frequency component generated at the time of abnormalities is performed. Hereafter, it explains, referring to drawing 7.

[0039]

First, vibration of a bearing is detected via the vibration detection element 22d stored by the sensor unit 22a (Step S101). The detected signal is amplified with a predetermined amplification factor, and is changed into a digital signal by the A/D converter (Step S102). The vibration signal changed into the digital signal is saved in a predetermined format at the data accumulation distribution part 31 (Step S103).

[0040]

Next, it asks for the frequency spectrum of a digital signal (Step 104), and the filtering part 34 selects the filter zone applied to a digital signal based on the called-for frequency spectrum (Step S105). The filtering part 34 performs filtering which removes frequency components other than the selected filter zone (Step S106), and outputs the digital signal after filtering to the analysis-

of-vibration part 35. And the analysis-of-vibration part 35 performs envelope processing to the digital signal after filtering (Step S107), and asks for the frequency spectrum of the digital signal after envelope processing (Step S108).

[0041]

Simultaneously, the effective value of the digital signal after envelope processing is calculated (Step S109), and the reference value used for abnormality diagnosis based on an effective value is computed (Step S112). Here, an effective value is calculated as average value of the absolute value of the amplitude of the digital signal after envelope processing. A reference value is computed based on an effective value based on the following formulas (1) or (2).

(Reference value) =(effective value) +alpha ... (1)

(Reference value) =(effective value) xbeta ... (2)

alpha, beta: It is a strange good predetermined value by the kind of data.

[0042]

Based on the table shown in drawing 5, originate unusually [a bearing] and the frequency to generate Next, ** (Step S110), the level of the abnormal frequency ingredient of each member corresponding to the frequency for which it asked — that is, Inner ring crack ingredient Si (Zfi), the outer-ring-of-spiral-wound-gasket crack ingredient So (Zfc), rolling element The ingredient Sb (2fb) and cage ingredient Sc (fc) are extracted (Step S111), and comparison with the reference value calculated at Step 112 is performed (Step S113). And it judges that abnormalities are not caused in a bearing when the value of all the ingredients is smaller than a reference value (Step S114), and when one of ingredients is beyond a reference value, it is judged that abnormalities have occurred in the applicable part (Step S115).

[0043]

It is a graph which illustrates frequency spectrum when abnormalities have not generated drawing 8, and frequency spectrum when abnormalities have generated drawing 9 in the outer ring of spiral wound gasket, respectively. In the example of drawing 8, the reference value was acquired as -29.3dB from envelope data. The line of a reference value is lengthened in the graph in drawing 8, and they are inner ring crack ingredient Sc (Zfi), the outer-ring-of-spiral-wound-gasket crack ingredient So (Zfc), the rolling element ingredient Sb (2fb), and a cage. As compared with ingredient Sc (fc), any level of the ingredient was smaller than the reference value. Therefore, it can be judged that this bearing is normal. On the other hand, in the case of drawing 9, the outer-ring-of-spiral-wound-gasket crack ingredient So (Zfc) has projected more greatly than a reference value, and it can be judged that abnormalities have occurred in the outer ring of spiral wound gasket of a bearing.

[0044]

Drawing 10 is a graph which shows frequency spectrum in case there is a crack, and the relation of a reference value to a cage. In drawing 10, the

bigger peak than a reference value is observed in the frequency f_c corresponding to a cage crack. Thus, since the existence of the peak of generated frequency is judged by comparison with the level and reference value in the frequency resulting from a bearing, even if it is a small peak as shown in drawing 10, it can be diagnosed appropriately.

[0045]

(2) How to search for the peak of a spectrum and compare peak frequency with abnormal frequency

In this method, it asks for the frequency component generated at the time of abnormalities based on the formula of drawing 5. And it is compared whether it corresponds to the frequency component which abnormalities generate about the peak beyond a predetermined number or a reference value in the frequency spectrum for which the analysis-of-vibration part 36 asked.

Hereafter, details are explained based on the flow chart shown in drawing 11.

[0046]

Since it is the same as that of what was indicated to the method of (1), the flow to Step S108 is omitted. The peak of the frequency spectrum obtained first is calculated in this method (Step S109). Here, in order to search for the peak of frequency, it asks for the difference data in which the difference of the level of the data point of each frequency component and the level of the data point of the frequency component in front of one of them is shown in the first place. And the numerals of difference data discover the point of inflection replaced with negative from positive, and judge that it is a peak by the frequency value which is participating in the difference data which became a basis of the positive/negative. However, it is made to judge that it serves as a peak only when inclination is larger than a predetermined reference value (for example, 1 or -1) or small since a peak value required for diagnosis is aimed only at the thing used as a sharp peak with a sudden mountain (inclination).

[0047]

Drawing 12 is a figure showing frequency spectrum. In drawing 12, the point B serves as a peak about continuous three point A (X_0, Y_0), B (X_1, Y_1), and C (X_2, Y_2). In this case, it is difference data $\Delta_1 = Y_1 - Y_0 > 0$ of A and B, and since it is difference data $\Delta_2 = Y_2 - Y_1 < 0$ of B and C, difference data is changing from positive to negative. And when it inclines here $(Y_1 - Y_0) / (X_1 - X_0) > 1$ or $(Y_2 - Y_1) / (X_2 - X_1) < -1$ are being filled, it is judged that the point B is a peak.

[0048]

And based on drawing 5, abnormal frequency is computed from the specifications of a bearing (Step S202), The level (Zfi), i.e., inner ring crack ingredient Si, the outer-ring-of-spiral-wound-gasket crack ingredient So (Zfc), the rolling element ingredient Sb (2fb), and cage ingredient Sc (fc) of an abnormal frequency ingredient of each member corresponding to the

frequency for which it asked are extracted (Step S203). And peak frequency is compared with the frequency generated at the time of abnormalities, and it is judged whether peak frequency and the computed abnormal frequency are in agreement (Step S204). And when a certain peak is in agreement with abnormal frequency, it is judged that abnormalities have occurred in the member corresponding to applicable abnormal frequency (Step S206). When not in agreement also with all frequency, it is judged that he has no abnormalities (Step S205).

[0049]

(3) How to use fundamental frequency and specific harmonics

The primary value in which this method is the fundamental frequency of an abnormal frequency ingredient, the secondary value with one twice the frequency of fundamental frequency, And it is compared whether the frequency of a peak and the frequency generated at the time of abnormalities are in agreement about the 4th value with one 4 times the frequency of fundamental frequency, When the frequency which judged it as those with abnormalities eventually, and was judged to be those with abnormalities when judged as those with abnormalities in at least two frequency is one or less, it is judged that he has no abnormalities. Hereafter, it explains in detail, referring to drawing 13.

[0050]

The process to calculation of the frequency which computes frequency spectrum, originates unusually and is generated is the same as the flow of a method (1). In this method, in comparison, as first shown in drawing 13, in the frequency of the fundamental component (primary ingredient) generated at the time of abnormalities, it is judged whether the value of a spectrum is beyond a reference value (Step S301). When the value of a spectrum is beyond a reference value, it judges that the primary ingredient was in agreement, and progresses to Step S302. On the other hand, when not in agreement, it progresses to Step S311.

[0051]

In Step S302, it is judged in the frequency of a secondary ingredient with a fundamental component twice the frequency of generating at the time of abnormalities whether the value of a spectrum is beyond a reference value. When the value of a spectrum is beyond a reference value, it judges that the secondary ingredient was in agreement, and the last judgment is made to abnormalities having occurred in the applicable part at Step S321. On the other hand, when not in agreement, it progresses to Step S312.

[0052]

In the frequency of the secondary ingredient which has a fundamental component twice the frequency of generating at the time of abnormalities also at Step S311, it is judged whether the value of a spectrum is beyond a reference value. When the value of a spectrum is beyond a reference value, it judges that the secondary ingredient was in agreement, and progresses to

Step S312. On the other hand, when not in agreement, it progresses to Step S321 and the last judgment is made to not having caused abnormalities in an applicable part.

[0053]

In Step S312, it is judged in the frequency of the 4th ingredient with a fundamental component 4 times the frequency of generating at the time of abnormalities whether the value of a spectrum is beyond a reference value. When the value of a spectrum is beyond a reference value, it judges that the 4th ingredient was in agreement, and the last judgment is made to abnormalities having occurred in the applicable part at Step S321. On the other hand, when not in agreement, abnormalities make the last judgment to not having generated in an applicable part.

[0054]

Drawing 14 is a figure showing frequency spectrum in case an outer ring of spiral wound gasket has a crack. It turns out that twice [natural number] as many harmonics as Z_{fc} which is fundamental frequency are observed. When the reference value in this case is -10dB , it turns out about all the primary ingredients [secondary / 4th] that the value of a spectrum has turned into beyond the reference value. Therefore, it is judged by processing of this method that abnormalities have occurred in the outer ring of spiral wound gasket.

[0055]

Although a case so that a big peak may be observed by chance under the influence of a noise etc. by the frequency which generally corresponds unusually can be considered, If the value of a peak is not beyond a reference value in at least two frequency, in order not to judge that it is unusual among the primary ingredients [secondary / 4th] according to this method, it becomes possible to decrease a possibility of making an incorrect judgment.

[0056]

Although compared in order of the primary order [secondary / 4th], it may constitute from a flow chart of drawing 13 so that it may compare sequentially from the one where a peak level is larger. In this case, if the peak of frequency with the biggest peak is below a reference value, it is possible to judge that he has no abnormalities at that time, and it is possible to shorten calculation time. As a frequency component to combine, they may be the combination of the primary value, the secondary value, and the 3rd value, and the combination of the secondary value, the 4th value, and the 6th value.

[0057]

(4) How to presume the size of damage with abnormality diagnosis

Method (1) In – (3), although the existence of abnormalities was diagnosed, it is also possible to presume the size of damage as follows. Drawing 15 is a figure showing the frequency spectrum after envelope processing. In a figure, it turns out that the big peak is observed by the frequency Z_{fc} and damage has occurred in the outer ring of spiral wound gasket. If reference level L_0

which is the value L_n of a peak and the average value of the whole frequency spectrum in this Z_{fc} is compared, the size of the damage in the outer ring of spiral wound gasket which has caused abnormalities can be presumed.

[0058]

In anti-friction bearing, drawing 16 shows the relation of the level difference between the size of exfoliation, and the peak and reference level which appear on the survey frequency spectrum data $d1$, when the exfoliation which is damage to a bearing ring arises. Thus, generally, since a level difference increases in proportion to the size of damage, it is asking for the level difference in the peak on the survey frequency spectrum data $d1$, and can presume the size of damage conversely. Increase of the peak level on the survey frequency spectrum data $d1$ becomes the most remarkable at the peak corresponding to the primary value of a frequency component.

Therefore, when abnormalities are detected, by calculating level difference l of the primary value L_n of a frequency component, and reference level L_0 , the degree of damage can be presumed and the exchange time of a damaged part can be determined according to the degree of damage. Neither a superfluous parts replacement nor a maintenance carries out by this, but it is made to exchange at a suitable stage, and it becomes possible to reduce a maintenance cost.

[0059]

(5) How to make a reference value a level difference with twice [natural number] as many harmonic content as fundamental frequency

As opposed to the primary level in which this method is the fundamental frequency of an abnormal frequency ingredient, 2, 3 and 4 of fundamental frequency, and ... 2, 3, 4, and ... with one times the frequency of n -- when the n -th level counts the number which has become beyond a reference value and more than the prescribed number is over the reference value, it is judged that abnormalities have occurred. To the primary level, when the n -th value is more than $\{(\text{level whose number is one}) - (n-1) - a \text{ (dB)}\}$, specifically, it counts. Here, "a" is any value. It explains referring to the flow chart shown in drawing 17 hereafter.

[0060]

Drawing 17 is a flow chart which shows the process flow in this method. The processing to the frequency spectrum calculation in this method is the same as processing until it results in Step S101 – Step S108 of a flow chart of drawing 7. The processing after Step S108 is shown in drawing 17.

[0061]

First, with reference to the formula shown in drawing 5, the abnormal frequency in which a bearing originates unusually is computed to each part (an outer ring of spiral wound gasket, an inner ring, a rolling element, and a cage) of every [of a bearing] (Step S401), and the level of the frequency spectrum corresponding to abnormal frequency is extracted (Step S402). And the level of the frequency spectrum corresponding to one twice [natural number] (2,

3, ... n times) the frequency of abnormal frequency is computed, respectively (Step S403).

Here, the secondary ingredient [3rd / 4th / 5th] with one 4 or 5 times the frequency [2 of basic abnormal frequency, 3, and] of this shall be extracted. [0062]

Next, the level of each 2, 3, and the 4 or 5th ingredient is checked on the basis of the primary value used as foundations (Step S404). Here, when the level of each ingredient is more than $\{(\text{primary level}) - 3(n-1)\}$ (dB), a count with abnormalities is performed. Specifically, in the following cases, a count with abnormalities is performed about each ingredient.

(Level of a secondary ingredient) $> (\text{level of primary ingredient}) - 3$

(Level of the 3rd ingredient) $> (\text{level of primary ingredient}) - 6$

(Level of the 4th ingredient) $> (\text{level of primary ingredient}) - 9$

(Level of the 5th ingredient) $> (\text{level of primary ingredient}) - 12$

[0063]

And a final unusual judgment is made by checking whether the number of a count with abnormalities is more than a prescribed number (Step S405). Here, if there is a count with the abnormalities in two or more pieces, it will be eventually judged as those with abnormalities, and if it is one or less piece, it will be judged that he has no abnormalities.

[0064]

Drawing 18 is a figure showing the relation between the level of frequency spectrum when rotating an inner ring of spiral wound gasket for cylindrical roller bearing (the outer diameter of 215 mm, 100 mm in inside diameter, 47 mm in width, 14 number at the time) by about 300 min^{-1} , and a base line. The straight line in a figure is a judging standard line which connected the above-mentioned reference value with the line. When a bearing has a crack, the value of the secondary more than ingredient has become more than a judging standard line, but when generating also in an all seems well, the level of the peak corresponding to an omission sound is less than this judging standard line of the secondary ingredient [4th]. Generally, since a roller omission sound (rolling element omission sound) has the low high order ingredient as compared with the case where an outer ring of spiral wound gasket has a defect, as drawing 18 shows, almost all values are less than a judging standard line. Even if it is a case so that a peak may appear by this in the same frequency as the cases where an outer ring of spiral wound gasket has a defect, such as a roller omission sound, it is possible by comparing the level of a high order ingredient abnormalities or to judge with more sufficient accuracy whether it is normal.

[0065]

(6) How to use the effective value for every frequency band

In this method, abnormality diagnosis is performed not using the value of the peak level of the frequency which originates unusually itself but using the effective value of the frequency band containing the frequency which

originates unusually. The effective value of the frequency band containing the frequency which originates unusually concretely is a root mean square of the level of a frequency band, or all [partialness OBA]. Here, root mean square V_i and partialness OBA all S_i are given by the following formulas. Here, V_{RMS} and S_{OA} are a root mean square in a perimeter wave number belt, and all [Oba]. All [Oba] means total of a specific specified interval.

[0066]

[Equation 1]

$$V_i = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (P_k - \bar{P}_m)^2 \quad \dots (1)$$

$$S_i = \sum_{k=1}^m P_k \quad \dots (2)$$

$$V_{RMS} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})^2 \quad \dots (3)$$

$$S_{OA} = \sum_{i=1}^N P_i \quad \dots (4)$$

ただし、

$$N \cdot \Delta f \leq \frac{f_s}{2} \quad \dots (5)$$

m : 切り出される周波数帯域幅 (データ点数)

\bar{P}_m : 区間 m におけるスペクトルの平均値

P_i : 周波数 i におけるスペクトルの値

\bar{P} : 区間 N におけるスペクトルの平均値

f_s : サンプル周波数

Δf : 隣り合う周波数の幅 (周波数分解能)

[0067]

Drawing 19 is a flow chart which shows the process flow of this method. The processing to the frequency spectrum calculation in this method is the same as processing until it results in Step S101 – Step S108 of a flow chart of drawing 7. The processing after Step S108 is shown in drawing 19.

[0068]

first, abnormal frequency in which a bearing originates unusually with reference to a formula shown in drawing 5 -- each part (an outer ring of spiral wound gasket.) of a bearing Compute to an inner ring of spiral wound gasket, a rolling element, and every cage (Step S501), and After that, a frequency band containing computed frequency -- root mean square (V_i) -- again -- A

normalizing value which is a root mean square (V_{RMS}) or overalls (S_{OA}) of all [partialness OBA] (S_i) and the whole zone of frequency spectrum is computed (Step S502). And a value which ~~is~~ root mean square (V_i) of the one above-mentioned degree ingredient zone or all [partialness OBA] (S_i) with said normalizing value (V_{RMS} or S_{OA}), or a value of difference is computed (Step S503).

[0069]

Next, comparative collation is carried out to referred data which is having a value which ~~is~~, or a value of difference saved, and it is specifically judged [whether it is a range with normal value which ~~is~~ or value of difference, and] whether it is beyond a predetermined reference value (Step S504). If a value which ~~is~~, or a value of difference is beyond a predetermined reference value or the following, it is judged as those with abnormalities and an abnormal occurrence part is pinpointed based on a frequency band (Step S505). Here, whether it is beyond a reference value or when it is the following, it is considered as those with abnormalities should just set by actual measurement. When other, it is judged that he has no abnormalities (Step S506).

[0070]

A actual measurement result is quoted and the above method is explained. It is a graph which shows a spectrum in case drawing 21 does not have abnormalities in an outer ring of spiral wound gasket in frequency spectrum in case drawing 20 has abnormalities in an outer ring of spiral wound gasket. An unusual peak frequency belt exists near the left end of drawing 20 (per 10–20 Hz). The root mean square value V_a of this whole spectrum is 0.016. On the other hand, root mean square value V_n of the whole spectrum to which drawing 21 corresponds is 0.008. Here, if frequency bandwidth extracted to an abnormal frequency belt (basic frequency) resulting from an outer-ring-of-spiral-wound-gasket crack shall be 2 Hz, it can set to the zone. In the case of drawing 20, a value which normalized ~~average~~ average value by V is 90.78, and, in the case of drawing 21, is set to 38.47. When it has abnormalities, it compares at the time of normal, and it is about 2.4. It turns out that a double-normalized value is large. Therefore, a predetermined threshold is provided in a ratio at the time at the time of normal, and the time of abnormalities between 90.78 and 38.47, and when larger than a threshold, it can be judged that abnormalities have occurred in an outer ring of spiral wound gasket.

[0071]

On the other hand, drawing 22 and drawing 23 show an example in a case of using two or more zones. Drawing 22 is a graph which shows envelope frequency spectrum of a machine which has roller bearing which has damage in an outer ring of spiral wound gasket, and a normal gear (number-of-teeth;31). In this figure, five frequency peaks are observed and from a secondary ingredient to the 5th ingredient is observed for every integral

multiple of that from fundamental frequency. On the other hand, drawing 23 is observational data when [normal] it corresponds to drawing 22, and unique frequency is not found.

[0072]

Hereafter, the above-mentioned technique is applied about data of drawing 22 and drawing 23. In the case of drawing 22, a value which normalized the sum of fundamental frequency resulting from an outer-ring-of-spiral-wound-gasket crack and a root mean square value in each zone of the ingredient up to the 5th order with a root mean square value of the whole spectrum is 11.64, and, in the case of drawing 23, it is set to 5.19. Here, the 5th harmonics are counted from fundamental frequency and mean the 5th peak. When it has abnormalities, it turns out that a value normalized about 2.2 times compared with the time of normal is large. Therefore, 11.6 A predetermined threshold is provided in a ratio at the time at the time of normal, and the time of abnormalities between 4 and 5.19, and when larger than a threshold, it can be judged that abnormalities have occurred in an outer ring of spiral wound gasket.

[0073]

The above is a concrete processing pattern in a case of judging existence of abnormalities by the comparison judgment part 36. The comparison judgment part 36 may be constituted so that abnormality diagnosis may be performed using two or more judging methods among these methods. Since accuracy's of abnormality diagnosis judging that it is unusual improves with two or more judging methods, it is desirable.

[0074]

The data accumulation outputting part 38 is a preserving part which saves a decision result of the comparison judgment part 36, and comprises a hard disk, a memory medium, etc. The data accumulation outputting part 38 outputs a decision result of the comparison judgment part 38 to the control section 41 and the result output part 42. Only when required for operation of the control section 41 explained below to the control section 41, the data accumulation outputting part 38 may be constituted so that a result may be outputted.

[0075]

The control processing part 40 is provided with the following.

The result output part 42 as a displaying means which displays an analysis result and a decision result of the arithmetic processing section 30 by a predetermined display style.

The controller 41 which feeds back a control signal according to a decision result of said comparison judgment part 36 to a control system which controls operation of drive mechanism of vehicles with which the bearing 21 is incorporated.

[0076]

To a monitor, image display, or a printer, by a printout, specifically, the result

output part 42 performs a notice by blink of an alarm lamp, or operation of an alarm, when an analysis result and a decision result of the arithmetic processing section 30 are notified and also a decision result of the arithmetic processing section 30 is with abnormalities.

[0077]

The control section 41 sends a control signal which shows a travel stop of vehicles, a slowdown of speed, etc. to a traveling control machine of vehicles according to a grade of abnormalities, for example, when a decision result of the arithmetic processing section 30 is with abnormalities. According to this embodiment, two or more sensors 22 measure a state of a bearing of a bearing device continuously, and are made to carry out abnormality diagnosis of the arithmetic processing section 30 one by one based on measured data. Therefore, the control processing part 40 will notify abnormalities immediately, if abnormalities occur, and it controls vehicles. That is, a flow of detection, analysis, a judgment, and a result output is carried out to real time.

[0078]

The sensor 22 may be constituted so that it may always measure, or even if it constitutes so that it may measure for every predetermined time, it is not cared about. Instead of carrying out abnormality diagnosis to real time, only measurement and accumulation of measurement data may be performed at the time of vehicles operation, and it may constitute so that it may analyze at somewhere else behind. For example, you may constitute so that it may only measure, it may collect at night and analysis, a judgment, and a result output may be performed in the daytime.

[0079]

Although an abnormality diagnosis device of this embodiment presupposed that existence and an abnormal occurrence part of abnormalities of a bearing device are diagnosed, it may not be restricted to this, but it may be constituted so that a flat part of a wheel may be diagnosed, and it may be constituted so that existence and an abnormal occurrence part of abnormalities of a bearing device may be diagnosed. [of a bearing] [of a gear]

[0080]

Instead of the detection processing part 20, as shown in drawing 3 (c), the sensor 52 which performs the arithmetic processing section 30 and radio may be used. This sensor transmits a signal to a receive section established in the arithmetic processing section 30 via the transmission section 52h via radio.

[0081]

Since it becomes possible to attach a sensor to a bearing device, without taking into consideration wiring between the detection processing part 20 and the arithmetic processing section 30, etc. by constituting in this way, it becomes easy to attach a sensor to the increase of arrangement flexibility of a sensor and a position to which accuracy becomes high. By providing same transmission section and a receive section, it may constitute so that between

the arithmetic processing section 30 and the control processing parts 40 may be performed by radio.

[0082]

Drawing 24 is a graph which shows a time waveform of a vibration signal detected with the bearing device 1 of this embodiment, and drawing 25 and drawing 26 are graphs which show frequency spectrum of a time waveform of drawing 24, and frequency spectrum after envelope processing, respectively. From drawing 24, it is periodically highly sensitive and by using the bearing device 1 of this embodiment shows that a signal is detected. It turns out that periodic frequency peaks with a very strong peak are observed, and drawing 26 shows that a noise and a signal are classified very clearly.

[0083]

On the other hand, drawing 27 is a graph which shows a time waveform of a vibration signal detected with the conventional bearing device, and drawing 28 and drawing 29 are graphs which show frequency spectrum of a time waveform of drawing 27, and frequency spectrum after envelope processing, respectively. A crack corresponding to an unusual peak observed by drawing 24 – 26 is provided in the conventional bearing device. However, unlike drawing 24, a periodic vibration is not observed by time waveform of drawing 27, and even if it sees frequency spectrum shown in drawing 28 and drawing 29, a strong periodic peak has not appeared. Since this has the large noise component, a signal component resulting from a crack is imagined to be what has been buried in a noise. From this, it has contributed to improvement in the signal to noise ratio in oscillating detection, and with the conventional bearing device, the bearing device 1 of this embodiment can be said [that it is detectable and], even if detection is a difficult signal component.

[0084]

As mentioned above, according to the bearing device of this embodiment, the sensor 22 is attached to the outer-ring-of-spiral-wound-gasket thin-walled part 12, and a signal is read in the bearing 1. The signal to noise ratio is able to detect a good signal by this. This becomes the most remarkable, when the outer-ring-of-spiral-wound-gasket thin-walled part 12 is formed in a load section which transmits a shimmy most strongly and a sensor is attached. Therefore, it becomes possible to perform high-precision abnormality diagnosis, without disassembling a bearing device, and it becomes possible to reduce labors concerning abnormality diagnosis.

[0085]

At this embodiment, although a bearing in a bearing device presupposed that it is a double row tapered roller bearing, it is not restricted to this but it can be applied to various bearings, such as cylindrical roller bearing and a ball bearing, etc.

[0086]

[Effect of the Invention]

According to this invention, the signal to noise ratio is able to detect a good

signal by attaching a sensor to an outer-ring-of-spiral-wound-gasket thin-walled part, and reading a signal in a bearing. This becomes the most remarkable, when a shimmy provides an outer-ring-of-spiral-wound-gasket thin-walled part in the load section generated strongly and attaches a sensor. Therefore, it becomes possible to perform high-precision abnormality diagnosis, without disassembling a bearing device, and it becomes possible to reduce the labors concerning abnormality diagnosis.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]It is a figure showing the bearing device for rail cars concerning this invention.

[Drawing 2]It is a figure showing the embodiment of the abnormality diagnosis device for rail cars concerning this invention.

[Drawing 3]It is a block diagram showing the internal structure of a sensor.

[Drawing 4]It is a figure showing a data accumulation distribution part.

[Drawing 5]Expression of relations showing the defect of each member of a bearing, and the relation of the shimmy frequency generated in each member It is.

[Drawing 6]It is a figure showing the relation in the load area in a bearing, and the non-load area.

[Drawing 7]It is a flow chart which shows the flow of the processing in the 1st method.

[Drawing 8]It is a graph which shows frequency spectrum when abnormalities have not occurred.

[Drawing 9]It is a graph which shows frequency spectrum when abnormalities have occurred in the outer ring of spiral wound gasket.

[Drawing 10]It is a graph which shows frequency spectrum in case there is a crack, and the relation of a reference value to a cage.

[Drawing 11]It is a flow chart which shows the flow of the processing in the 2nd method.

[Drawing 12]It is a figure showing frequency spectrum.

[Drawing 13]It is a flow chart which shows the flow of the processing in the 3rd method.

[Drawing 14]It is a figure showing frequency spectrum in case an outer ring of spiral wound gasket has a crack.

[Drawing 15]It is a figure showing the frequency spectrum after envelope processing.

[Drawing 16]The relation of the level difference between the size of exfoliation, and the peak and reference level which appear in survey frequency spectrum data is shown.

[Drawing 17]It is a flow chart which shows the flow of the processing in the 5th method.

[Drawing 18]It is a figure showing the relation between the level of frequency spectrum, and a base line.

[Drawing 19]It is a flow chart which shows the flow of the processing in the

6th method.

[Drawing 20]It is a graph which shows frequency spectrum in case an outer ring of spiral wound gasket has abnormalities.

[Drawing 21]It is a graph which shows frequency spectrum in case there are no abnormalities in an outer ring of spiral wound gasket.

[Drawing 22]It is a graph which shows frequency spectrum in case an outer ring of spiral wound gasket has abnormalities.

[Drawing 23]It is a graph which shows frequency spectrum in case there are no abnormalities in an outer ring of spiral wound gasket.

[Drawing 24]It is a graph which shows the time waveform of the vibration signal detected from the bearing device of this embodiment.

[Drawing 25]It is a graph which shows the frequency spectrum of the time waveform of drawing 24.

[Drawing 26]It is a graph which shows the frequency spectrum after envelope processing of the time waveform of drawing 24.

[Drawing 27]It is a graph which shows the time waveform of the vibration signal detected from the conventional bearing device.

[Drawing 28]It is a graph which shows the frequency spectrum of the time waveform of drawing 27.

[Drawing 29]It is a graph which shows the frequency spectrum after envelope processing of the time waveform of drawing 28.

[Description of Notations]

1 Bearing device

2 Outer ring of spiral wound gasket

3 Inner ring of spiral wound gasket

4 Time (rolling element)

5 Cage

6 Oil seal

7 Seal cover

8 Rear lid

9 Front lid

10 Axle

11 Bolt

12 Thin-walled part

13 Oil drainer

20 Detection processing part

22 and 52 Sensor

30 Arithmetic processing section

31 Data accumulation distribution part

32 Thermometric analysis part

33 Rotation analyzer

34 Filtering part

35 Analysis-of-vibration part

36 Comparison judgment part

37 In-house-data preserving part
38 Data accumulation outputting part
40 Control processing part
41 Control section
42 Result output part
50 Amplifier
100 Input part
200 Bearing device

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]It is a figure showing the bearing device for rail cars concerning this invention.

[Drawing 2]It is a figure showing the embodiment of the abnormality diagnosis device for rail cars concerning this invention.

[Drawing 3]It is a block diagram showing the internal structure of a sensor.

[Drawing 4]It is a figure showing a data accumulation distribution part.

[Drawing 5]Expression of relations showing the defect of each member of a bearing, and the relation of the shimmy frequency generated in each member It is.

[Drawing 6]It is a figure showing the relation in the load area in a bearing, and the non-load area.

[Drawing 7]It is a flow chart which shows the flow of the processing in the 1st method.

[Drawing 8]It is a graph which shows frequency spectrum when abnormalities have not occurred.

[Drawing 9]It is a graph which shows frequency spectrum when abnormalities have occurred in the outer ring of spiral wound gasket.

[Drawing 10]It is a graph which shows frequency spectrum in case there is a crack, and the relation of a reference value to a cage.

[Drawing 11]It is a flow chart which shows the flow of the processing in the 2nd method.

[Drawing 12]It is a figure showing frequency spectrum.

[Drawing 13]It is a flow chart which shows the flow of the processing in the 3rd method.

[Drawing 14]It is a figure showing frequency spectrum in case an outer ring of spiral wound gasket has a crack.

[Drawing 15]It is a figure showing the frequency spectrum after envelope processing.

[Drawing 16]The relation of the level difference between the size of exfoliation, and the peak and reference level which appear in survey frequency spectrum data is shown.

[Drawing 17]It is a flow chart which shows the flow of the processing in the 5th method.

[Drawing 18]It is a figure showing the relation between the level of frequency spectrum, and a base line.

[Drawing 19]It is a flow chart which shows the flow of the processing in the 6th method.

[Drawing 20]It is a graph which shows frequency spectrum in case an outer ring of spiral wound gasket has abnormalities.

[Drawing 21]It is a graph which shows frequency spectrum in case there are no abnormalities in an outer ring of spiral wound gasket.

[Drawing 22]It is a graph which shows frequency spectrum in case an outer ring of spiral wound gasket has abnormalities.

[Drawing 23]It is a graph which shows frequency spectrum in case there are no abnormalities in an outer ring of spiral wound gasket.

[Drawing 24]It is a graph which shows the time waveform of the vibration signal detected from the bearing device of this embodiment.

[Drawing 25]It is a graph which shows the frequency spectrum of the time waveform of drawing 24.

[Drawing 26]It is a graph which shows the frequency spectrum after envelope processing of the time waveform of drawing 24.

[Drawing 27]It is a graph which shows the time waveform of the vibration signal detected from the conventional bearing device.

[Drawing 28]It is a graph which shows the frequency spectrum of the time waveform of drawing 27.

[Drawing 29]It is a graph which shows the frequency spectrum after envelope processing of the time waveform of drawing 28.

[Description of Notations]

1 Bearing device

2 Outer ring of spiral wound gasket

3 Inner ring of spiral wound gasket

4 Time (rolling element)

5 Cage

6 Oil seal

7 Seal cover

8 Rear lid

9 Front lid

10 Axle

11 Bolt

12 Thin-walled part

13 Oil drainer

20 Detection processing part

22 and 52 Sensor

30 Arithmetic processing section

31 Data accumulation distribution part

32 Thermometric analysis part

33 Rotation analyzer

34 Filtering part

35 Analysis-of-vibration part

36 Comparison judgment part

37 In-house-data preserving part

38 Data accumulation outputting part

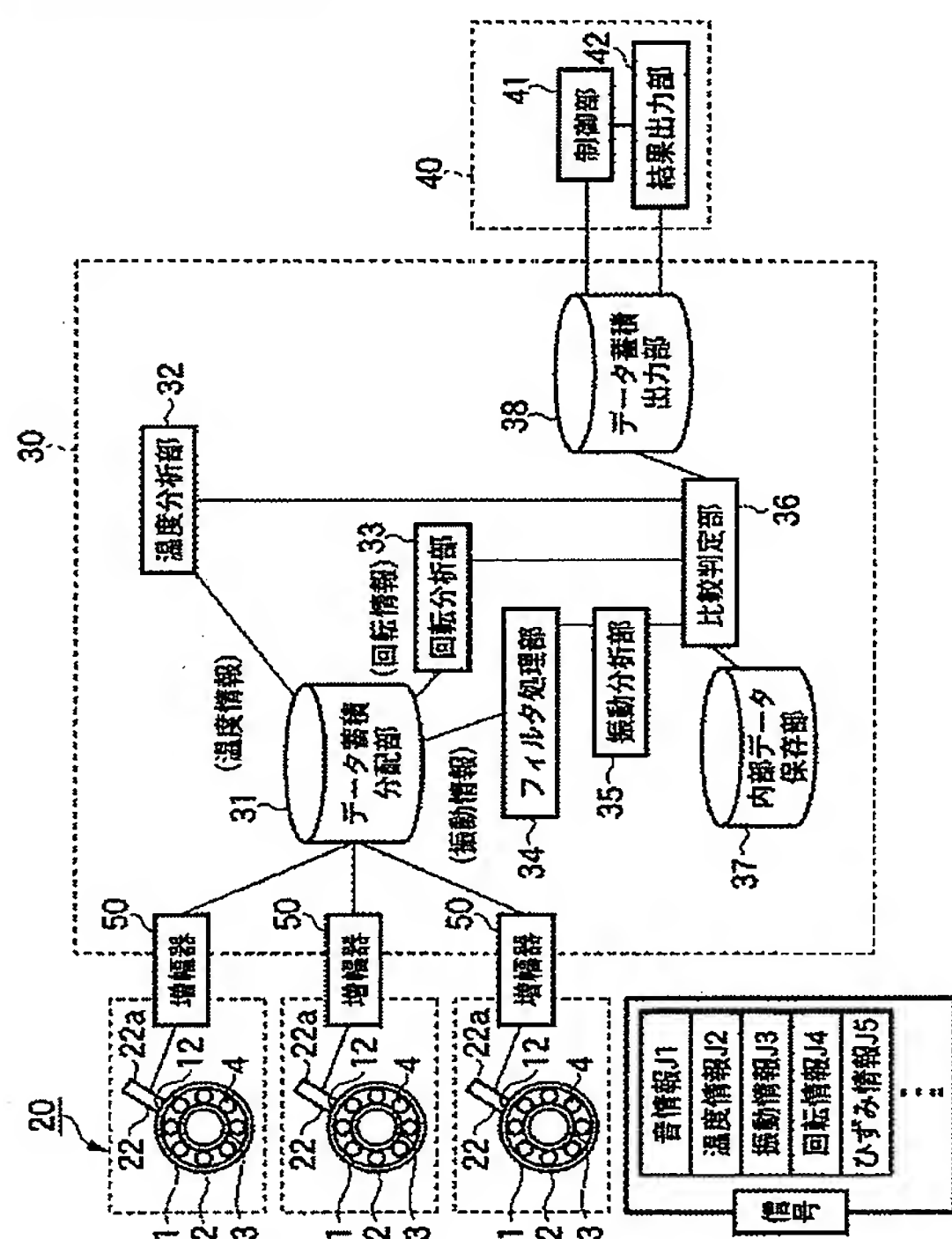
40 Control processing part

41 Control section

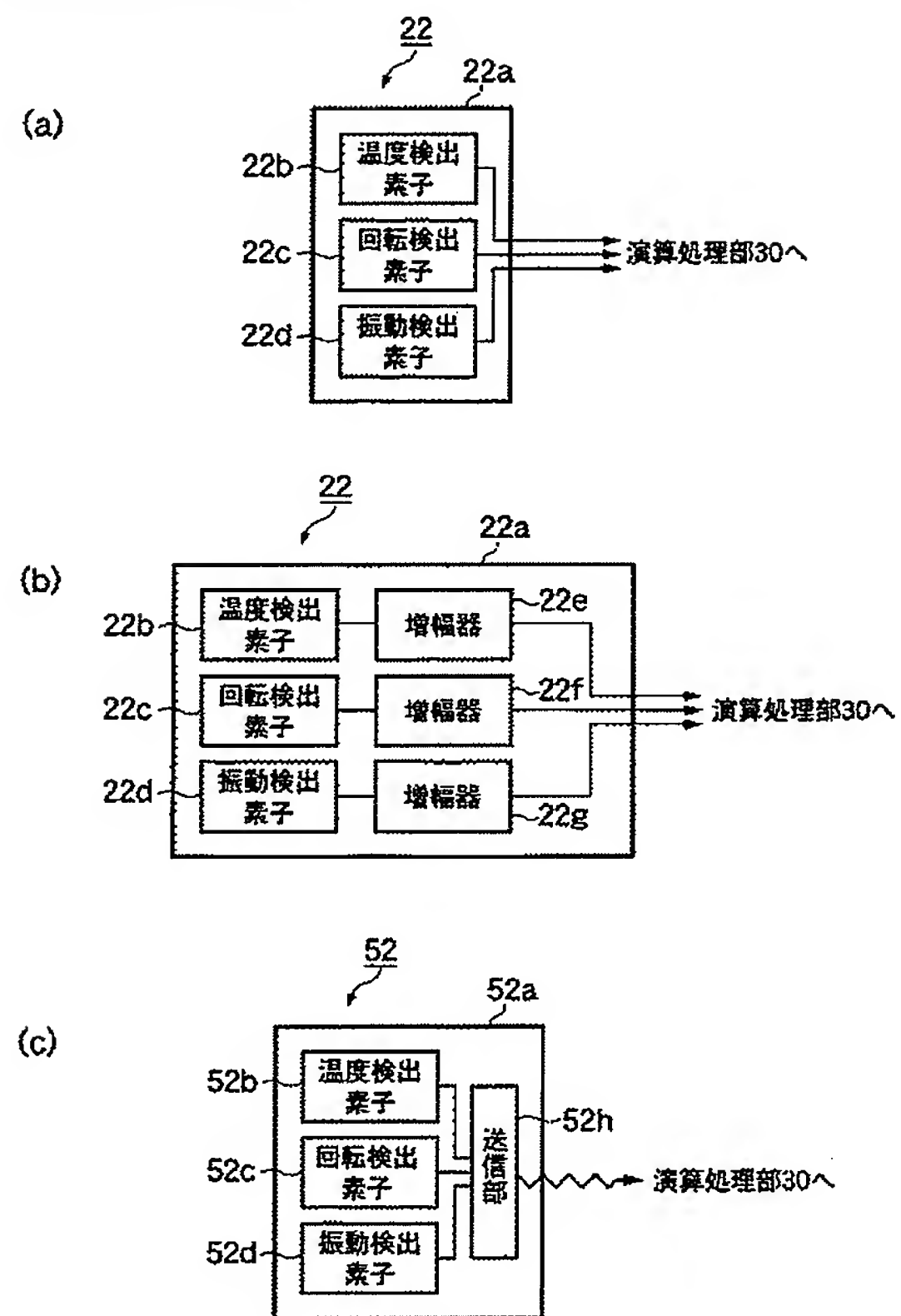
42 Result output part

50 Amplifier
100 Input part
200 Bearing device

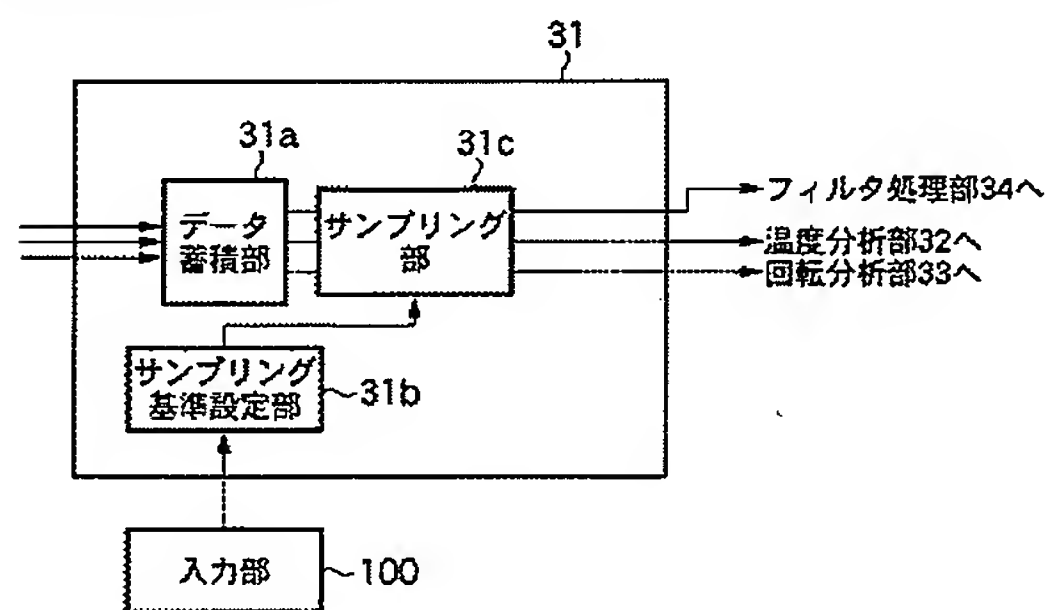
[Drawing 1]



[Drawing 3]



[Drawing 4]

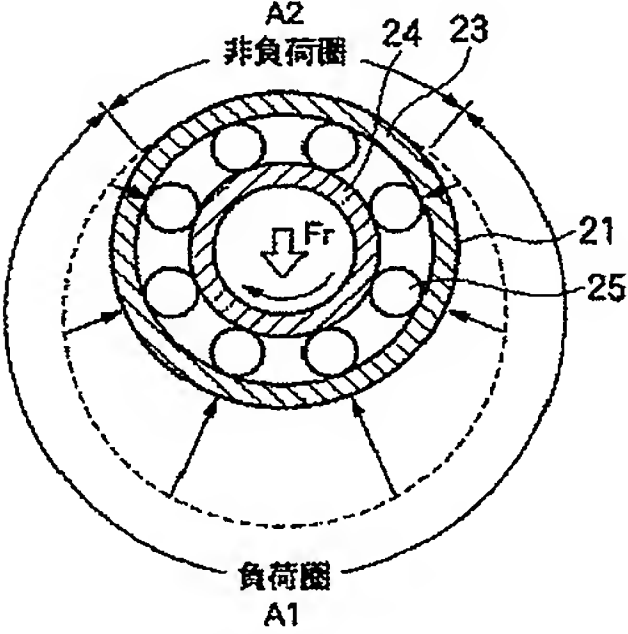


[Drawing 5]

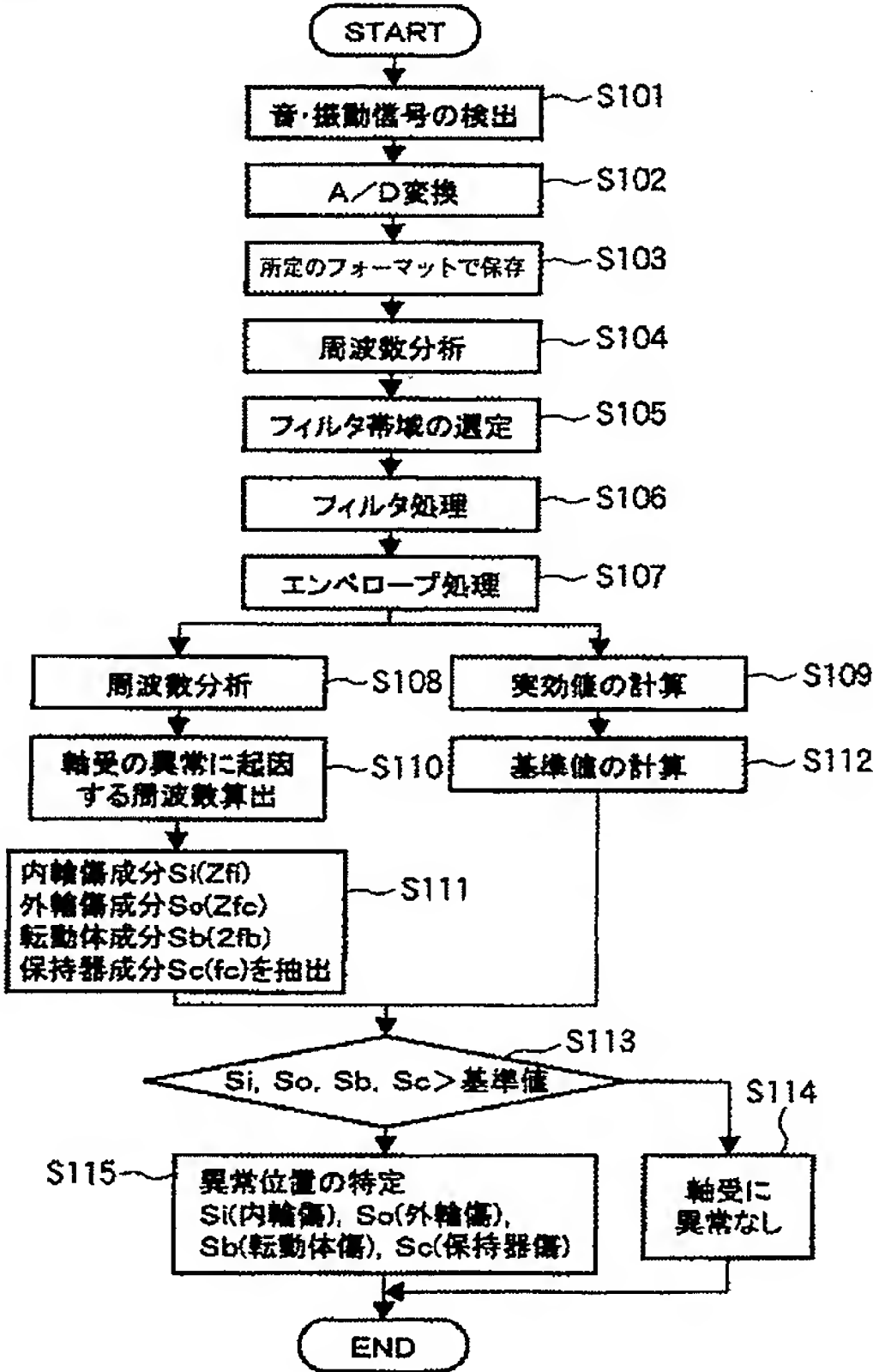
転がり軸受の傷	エンベロープ処理後の周波数
内輪 (Si)	$Zfi = \frac{fr}{2} \left(1 + \frac{Da}{dm} \cos \alpha \right) Z$ [Hz]
外輪 (So)	$Zfc = \frac{fr}{2} \left(1 - \frac{Da}{dm} \cos \alpha \right) Z$ [Hz]
転動体 (Sb)	$2fb = fr \left(1 - \frac{Da^2}{dm^2} \cos^2 \alpha \right)$ [Hz]
保持器 (Sc)	$fc = \frac{fr}{2} \left(1 - \frac{Da}{dm} \cos \alpha \right)$ [Hz]

fr:内輪回転速度 [Hz] Z:転動体の数
fc:保持器回転速度 [Hz] fi:fr - fc
fb:転動体自転速度 [Hz] Da:転動体直径 [mm]
dm:ピッチ円直径 [mm] α:接触角 [度]

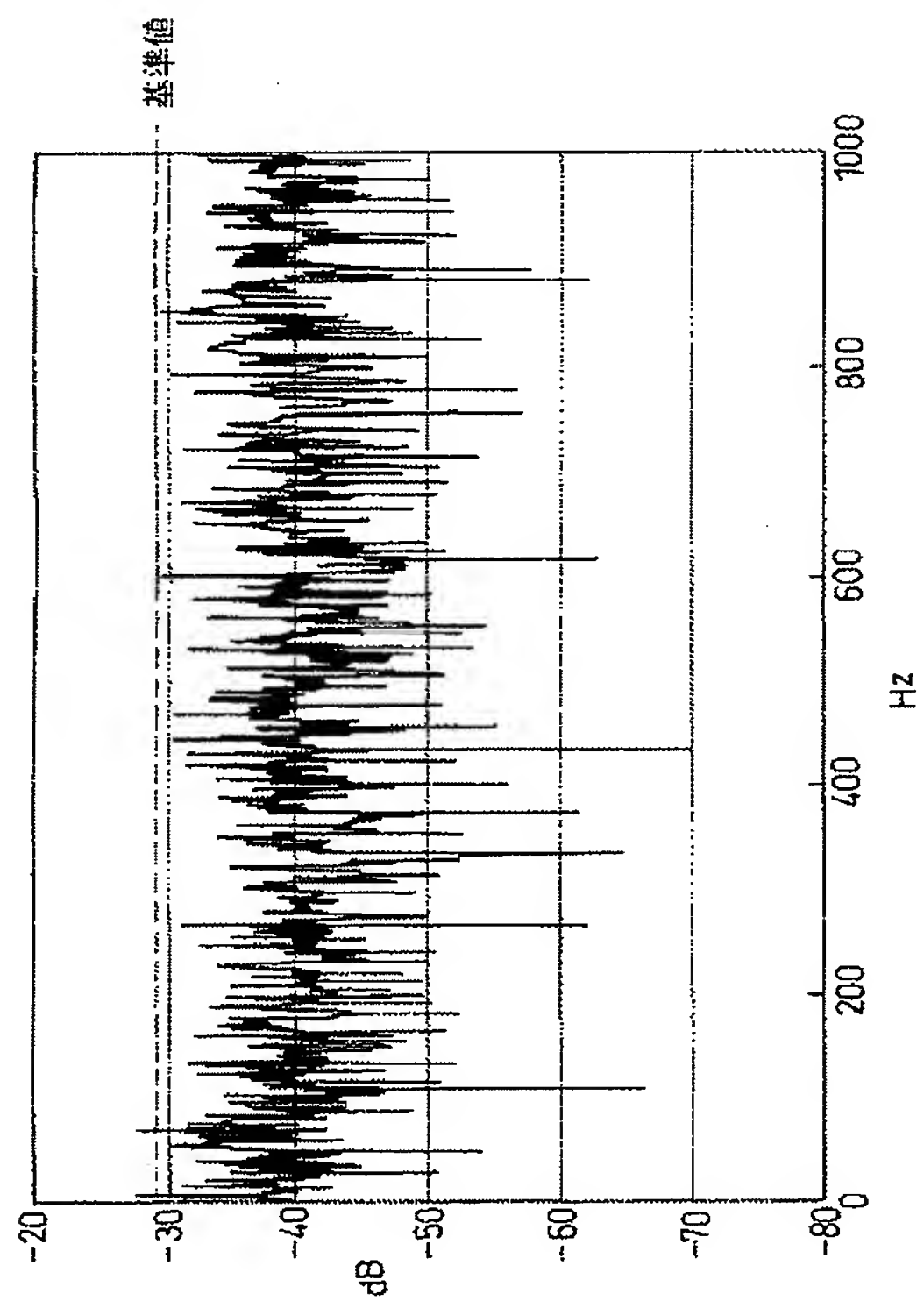
[Drawing 6]



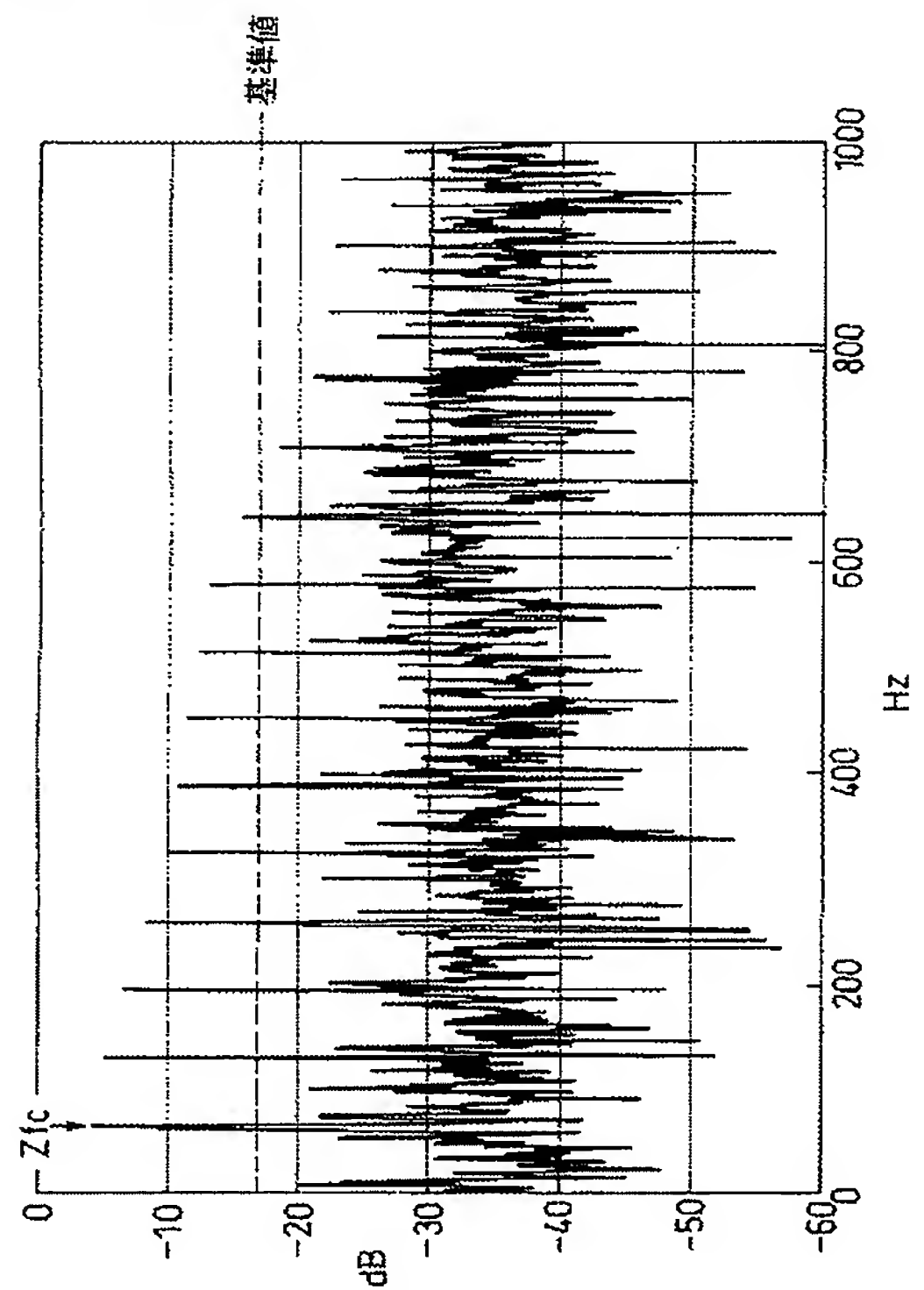
[Drawing 7]



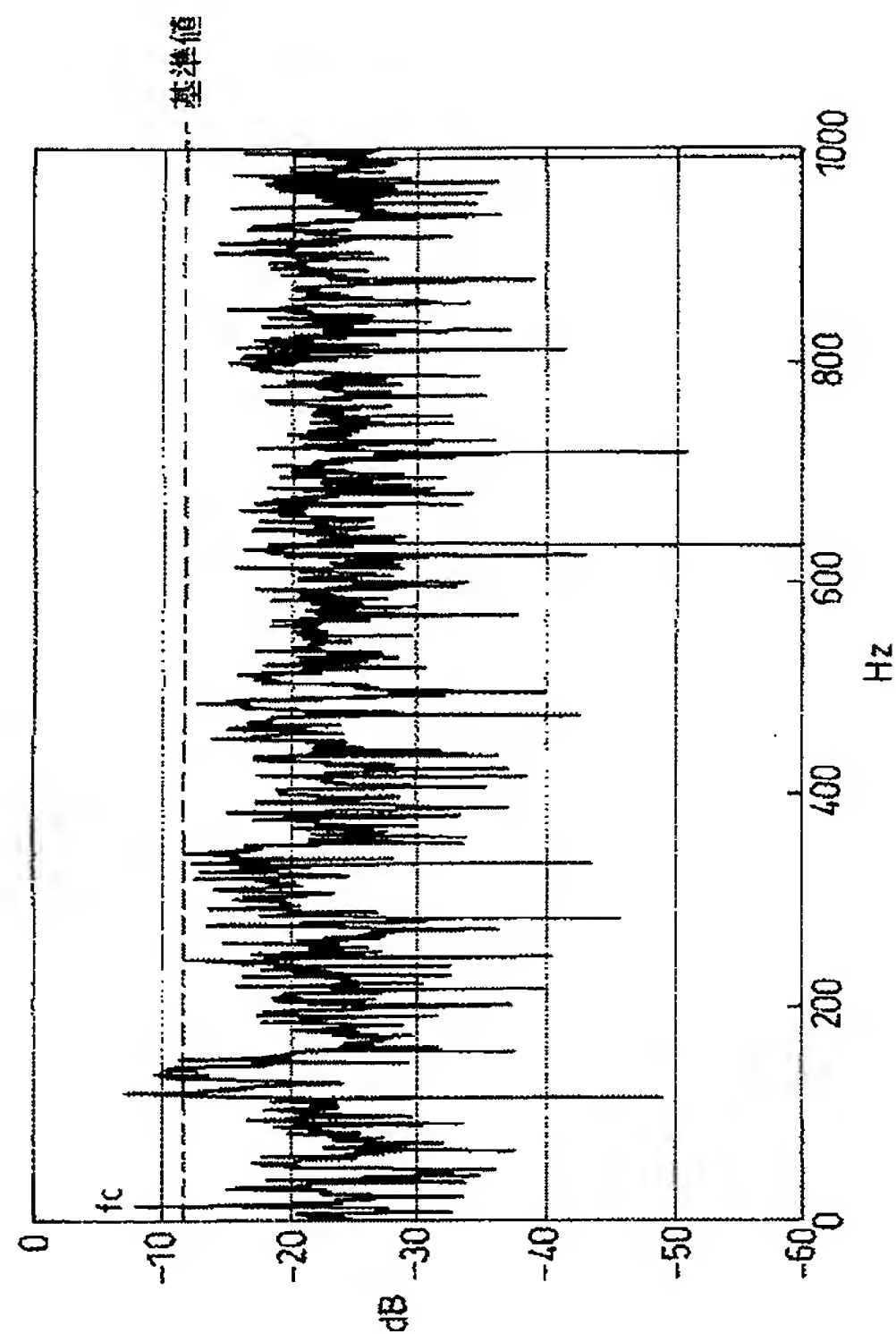
[Drawing 8]



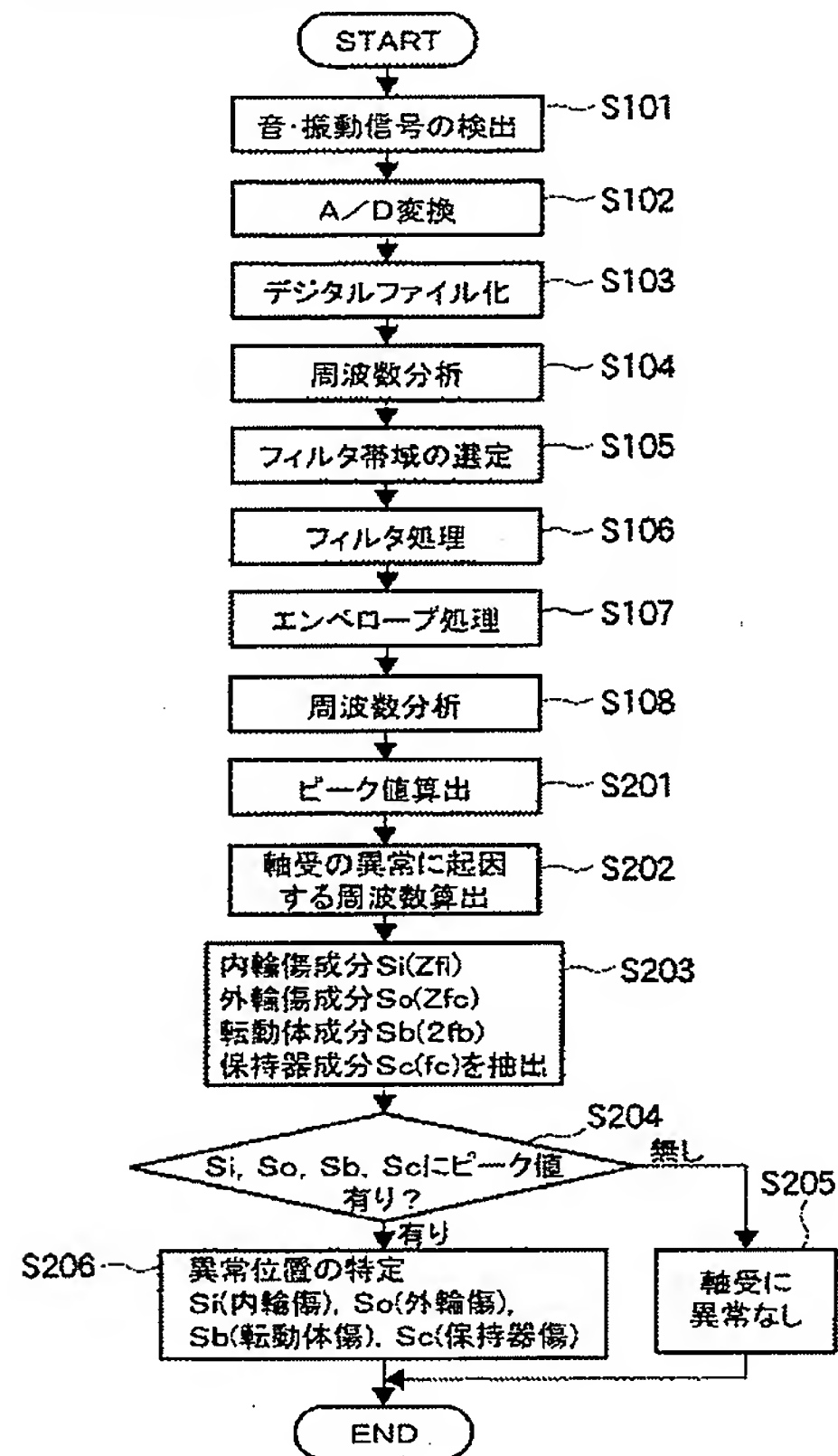
[Drawing 9]



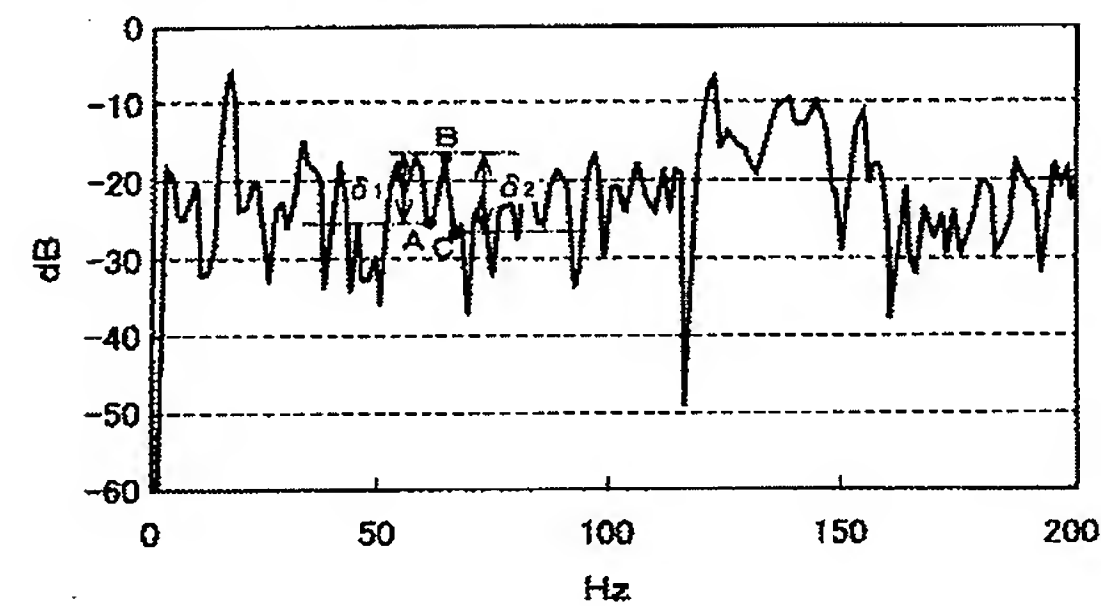
[Drawing 10]



[Drawing 11]



[Drawing 12]



$A(X_0, Y_0)$, $B(X_1, Y_1)$, $C(X_2, Y_2)$ とすると

$\delta_1 (=Y_1 - Y_0) > 0$, -①

$\delta_2 (=Y_2 - Y_1) < 0$, -②

①, ②を満たし,

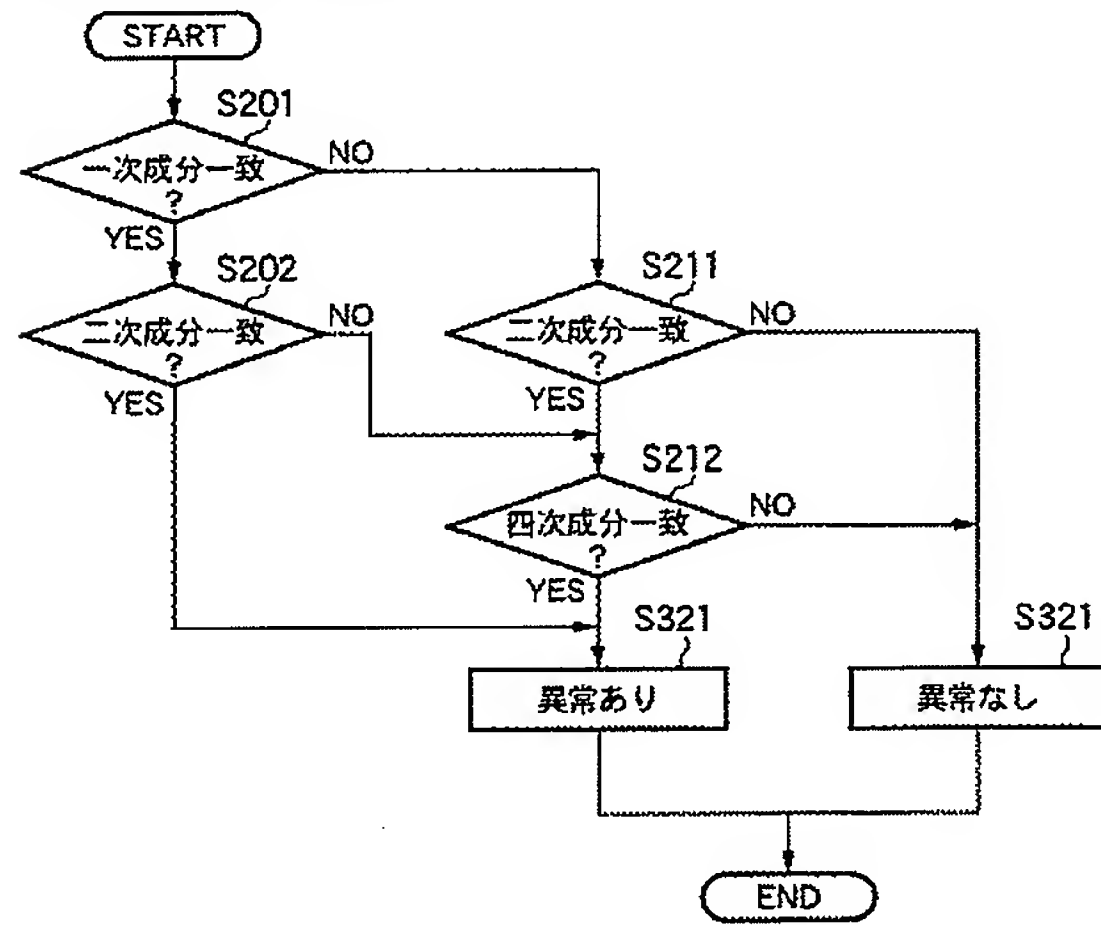
$dy/dx = (Y_1 - Y_0)/(X_1 - X_0) > 1$

または,

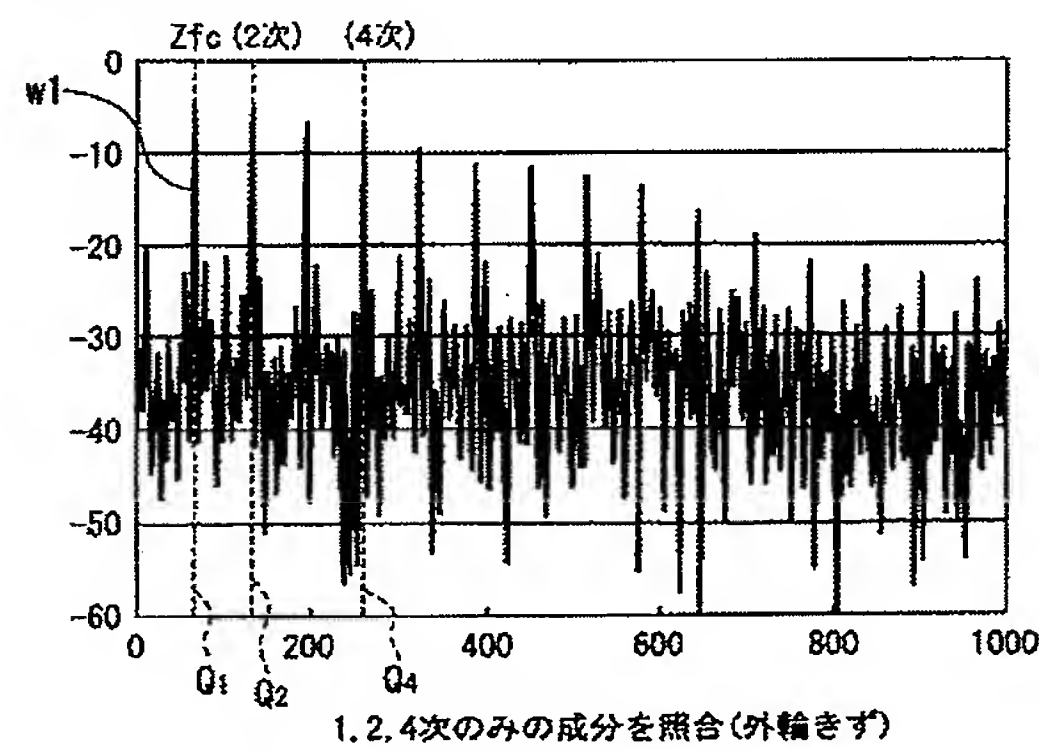
$dy/dx = (Y_2 - Y_1)/(X_2 - X_1) < -1$

を満たすとき, Y_1 をピークとする.

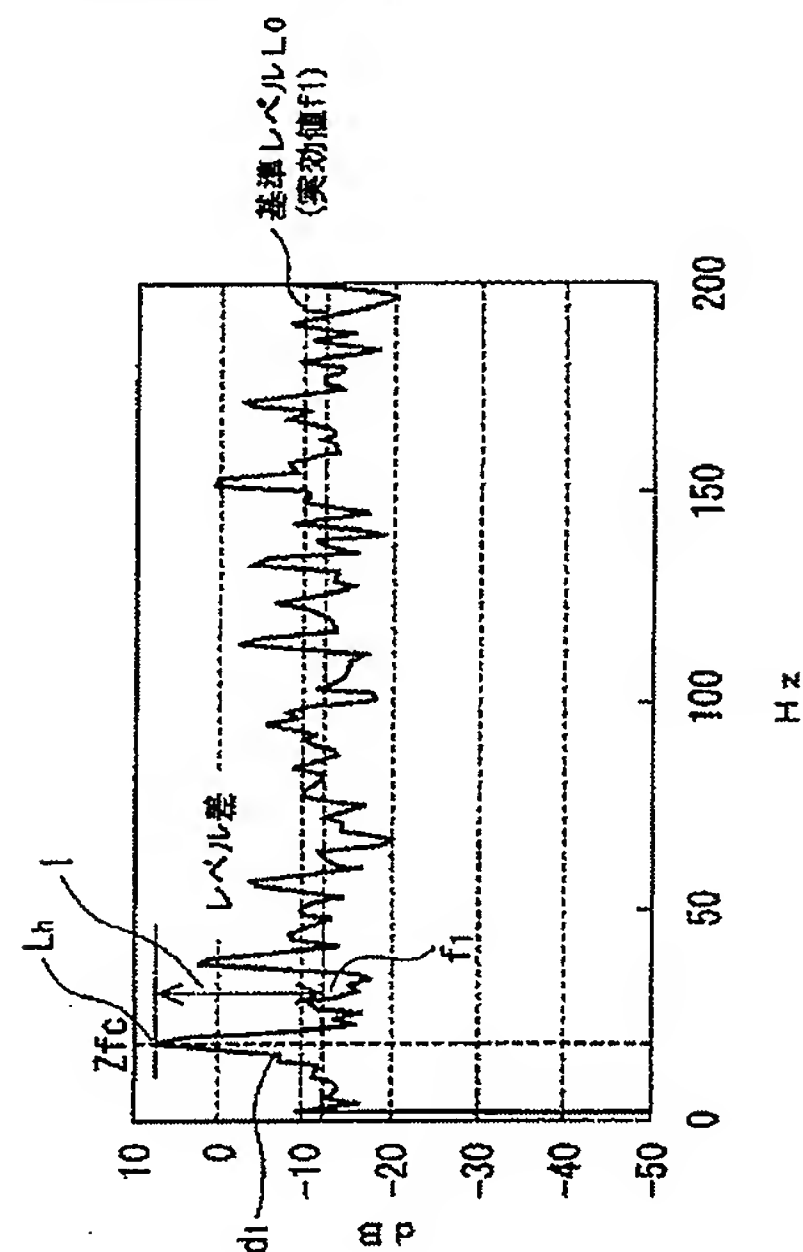
[Drawing 13]



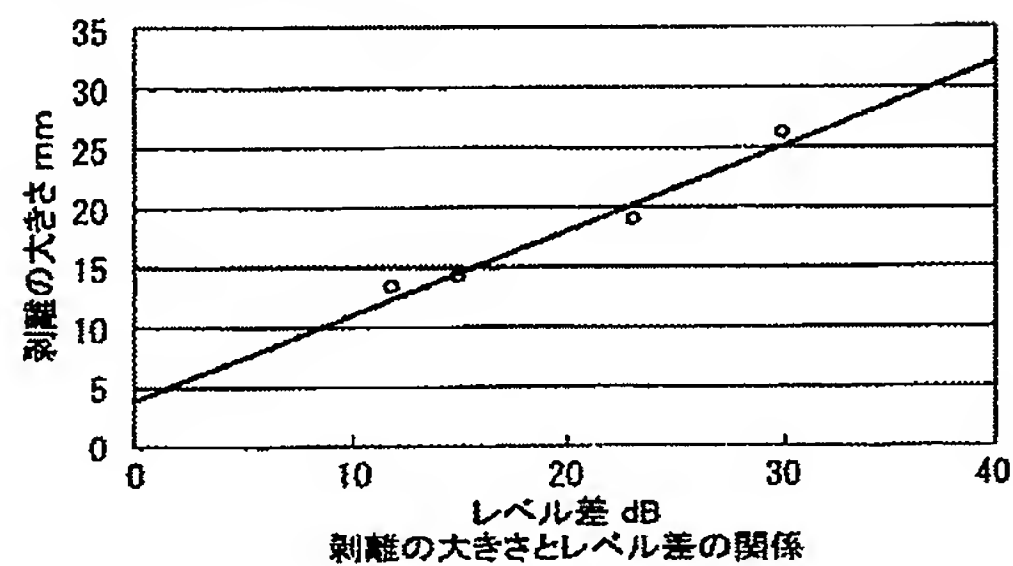
[Drawing 14]



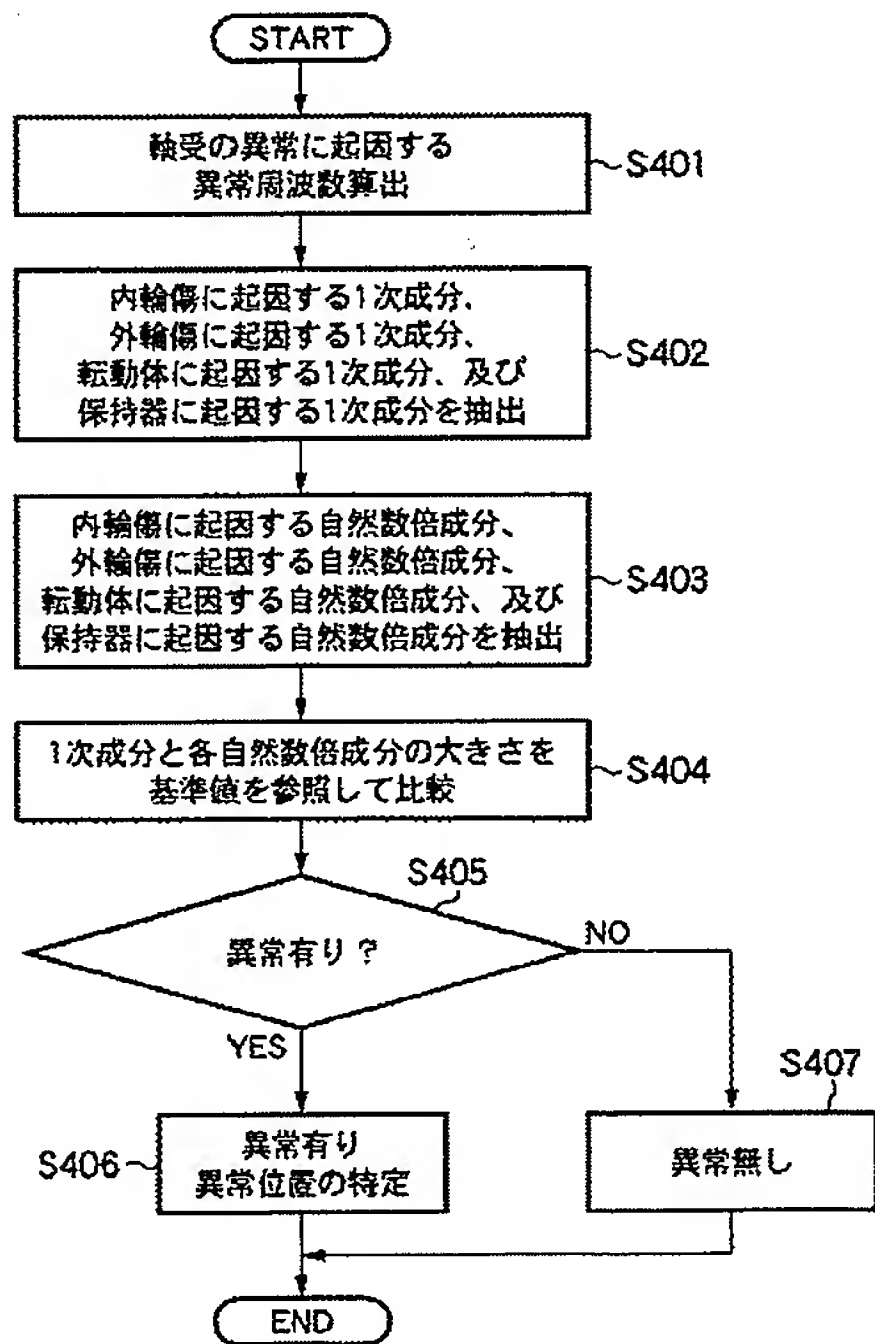
[Drawing 15]



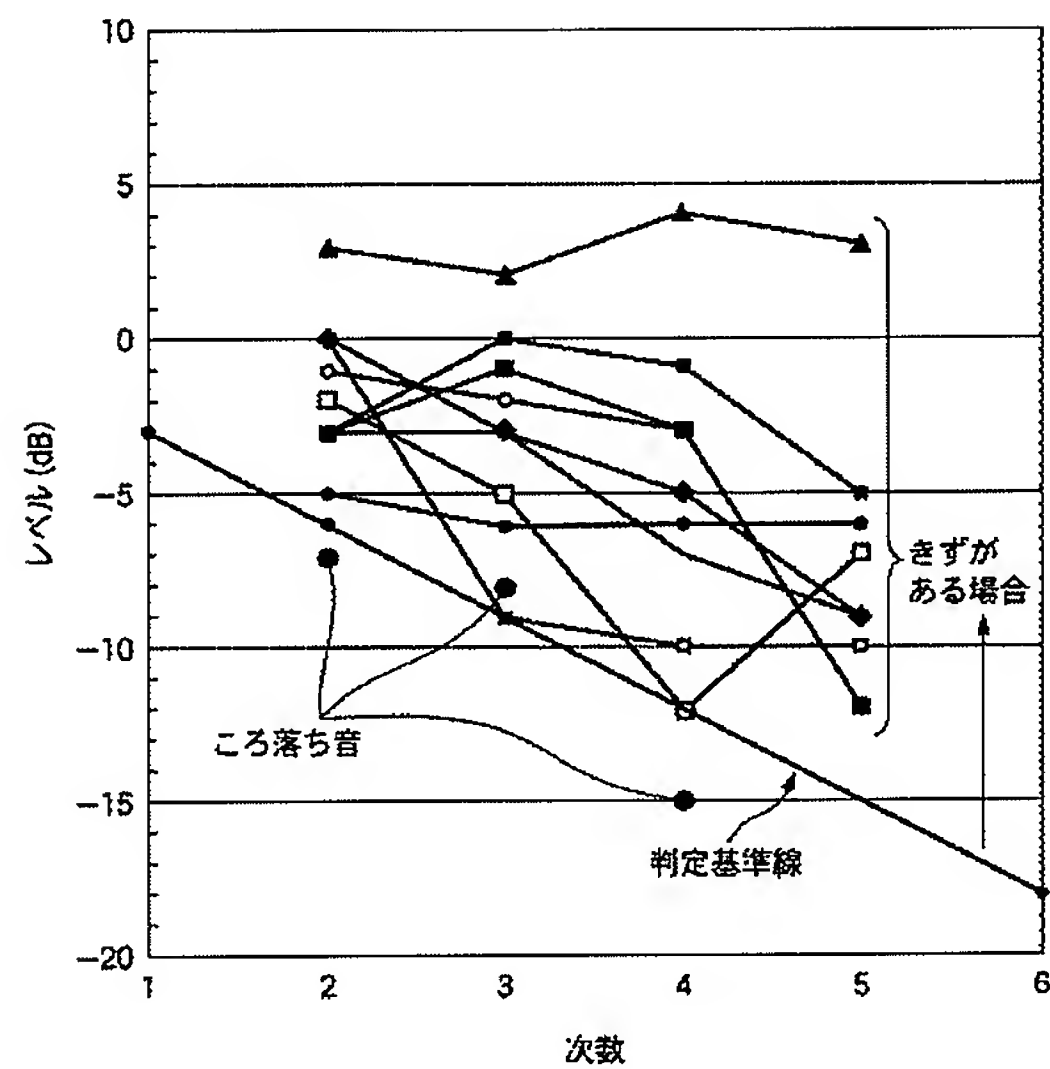
[Drawing 16]



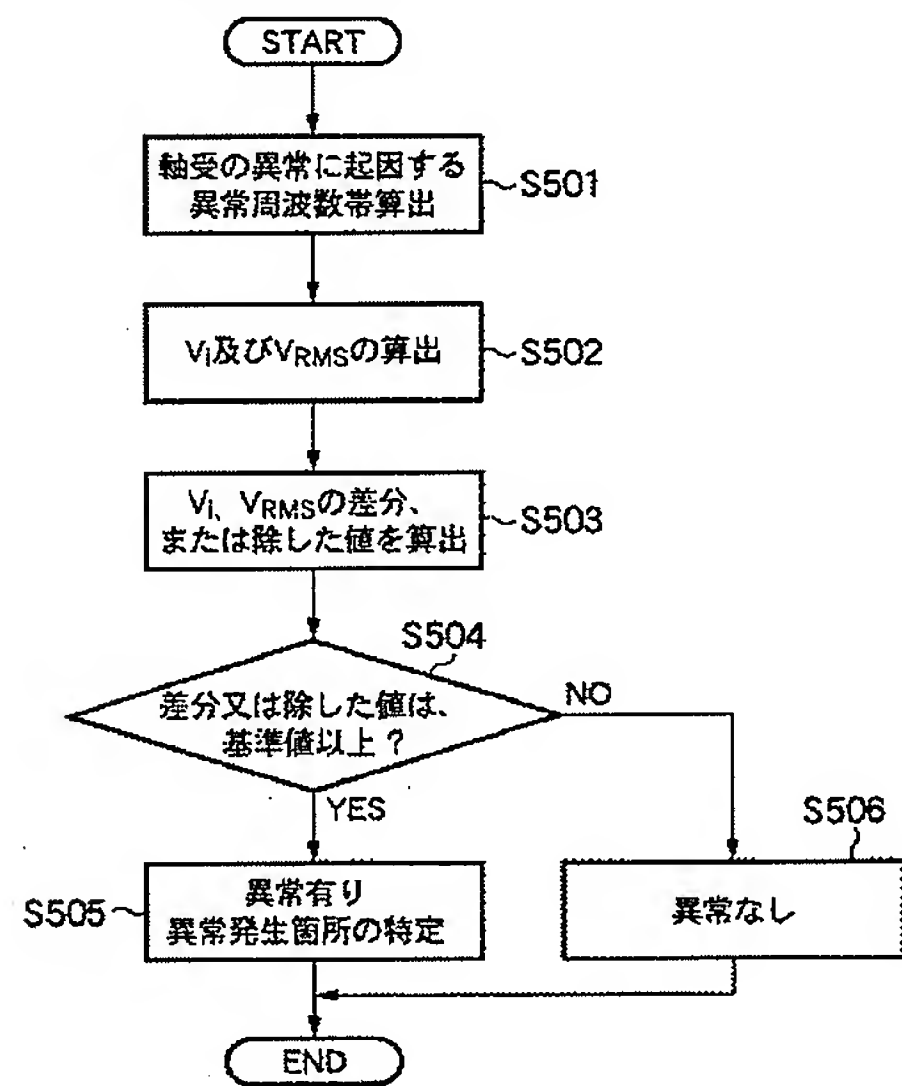
[Drawing 17]



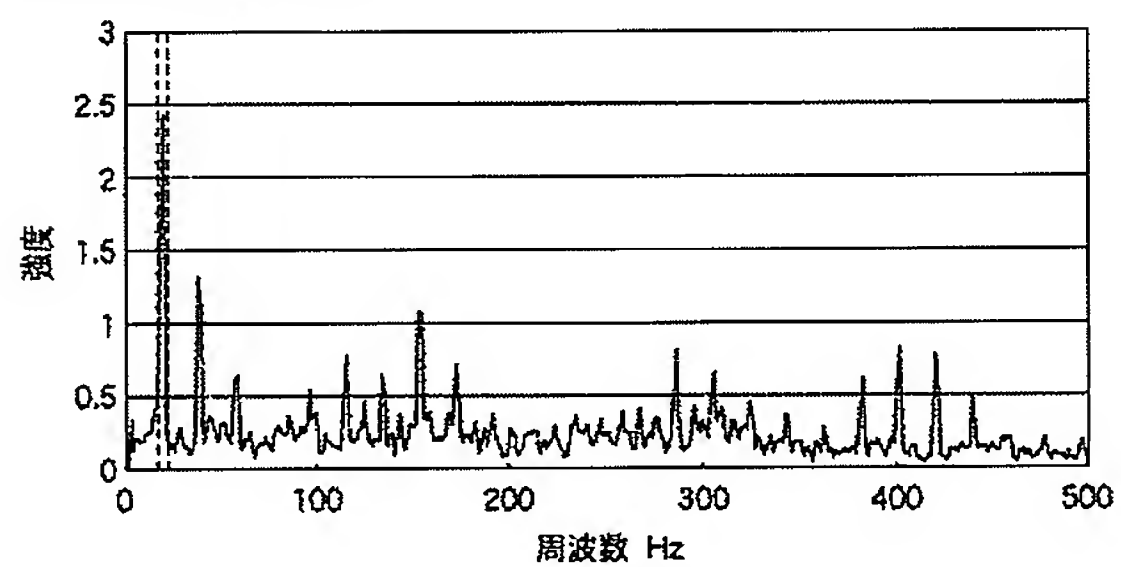
[Drawing 18]



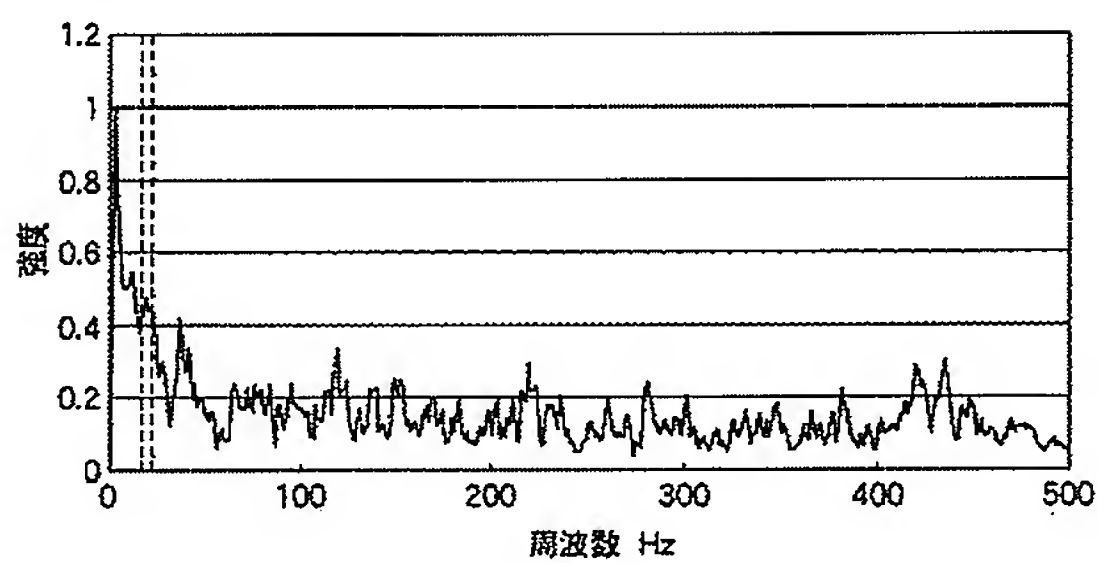
[Drawing 19]



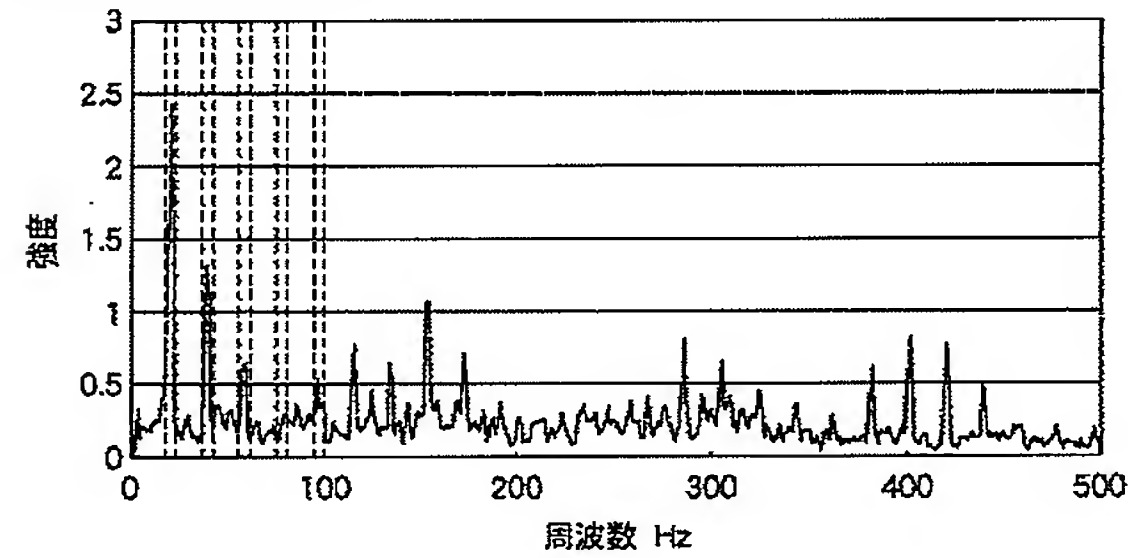
[Drawing 20]



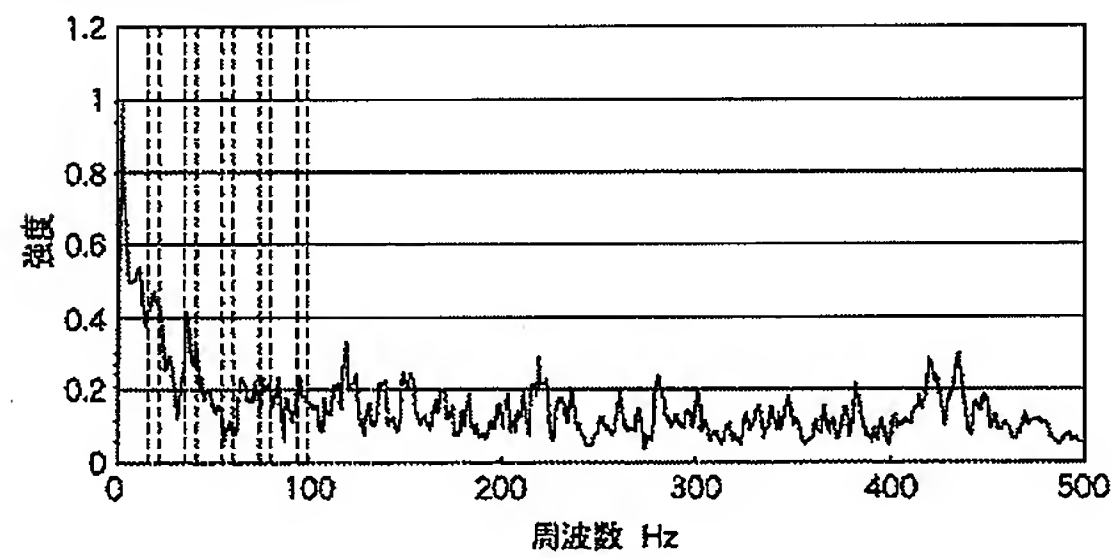
[Drawing 21]



[Drawing 22]

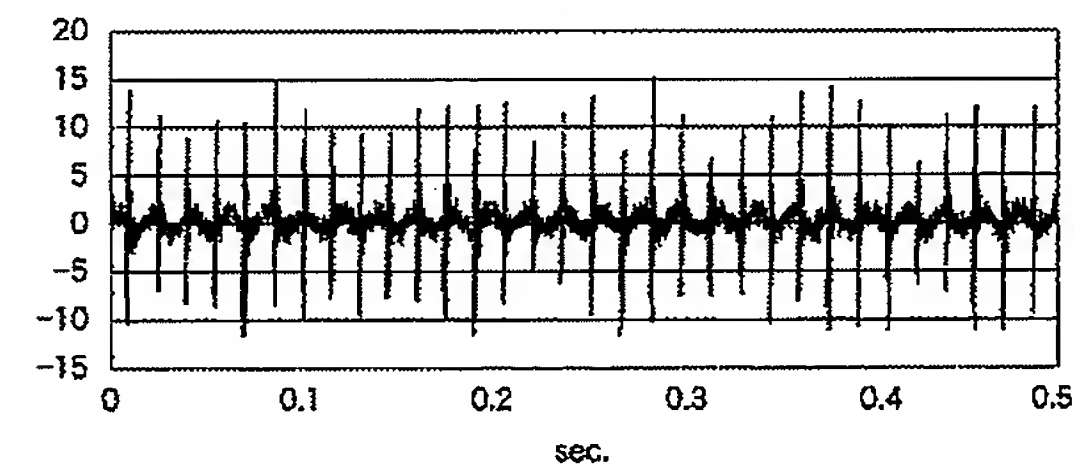


[Drawing 23]

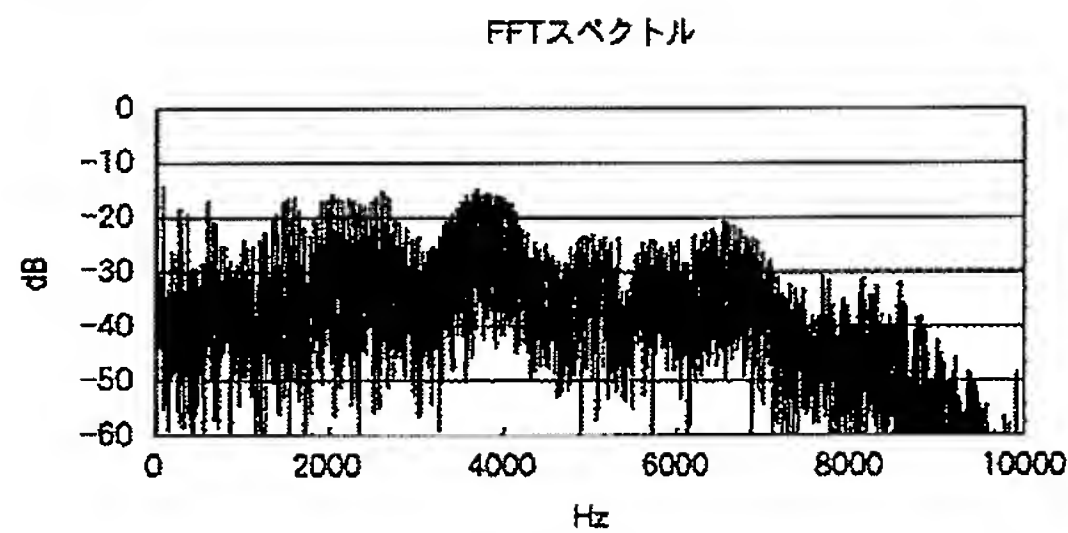


[Drawing 24]

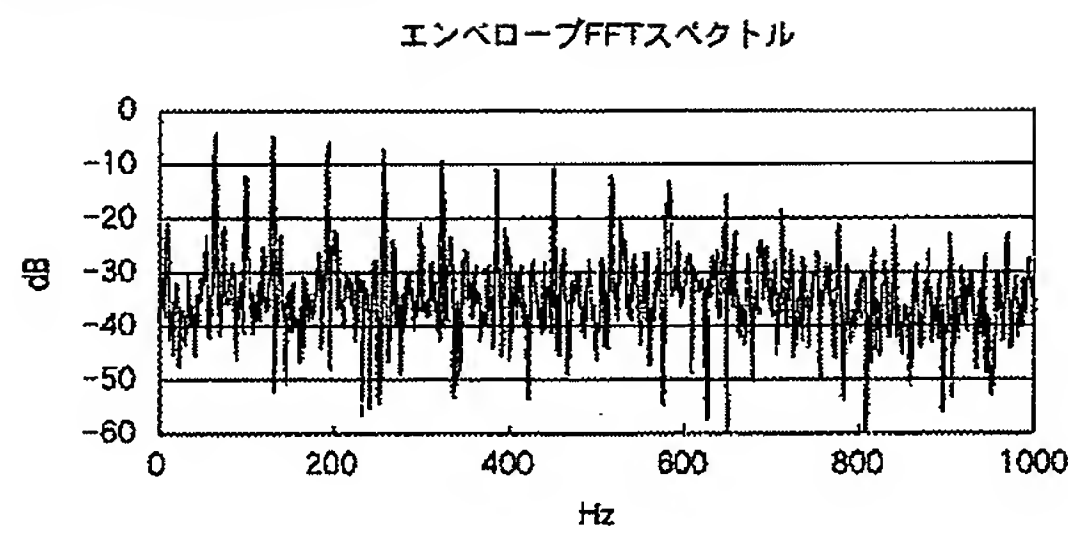
時間波形



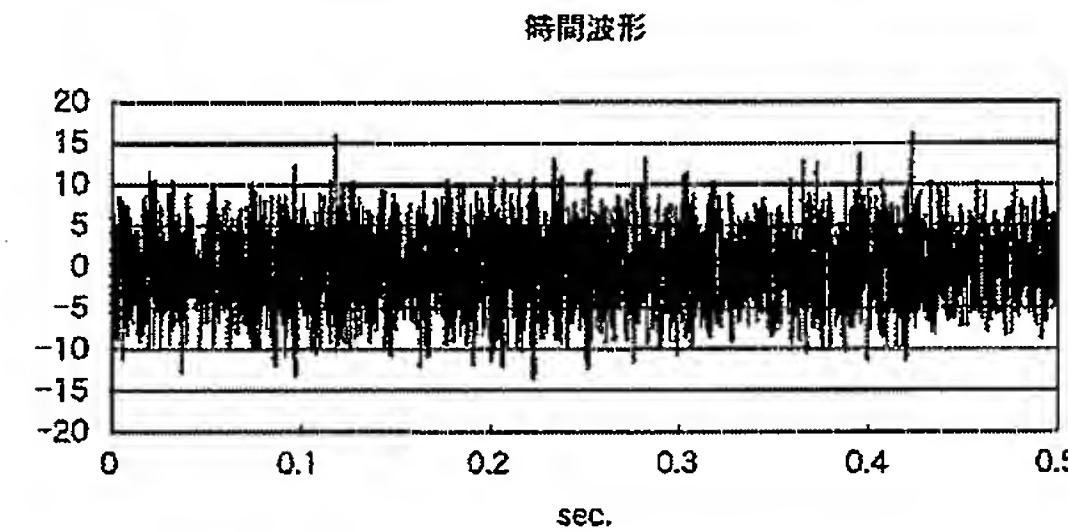
[Drawing 25]



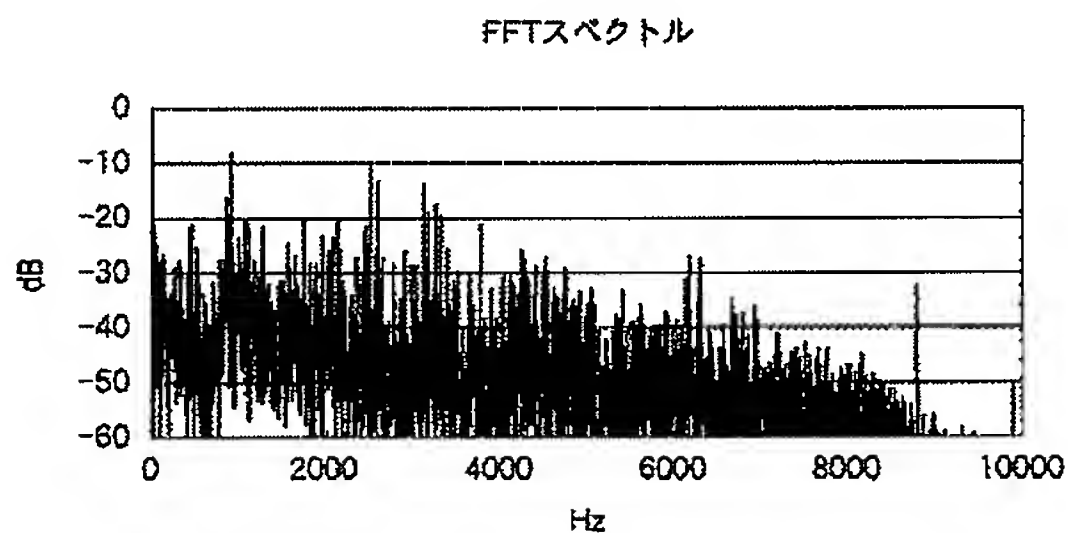
[Drawing 26]



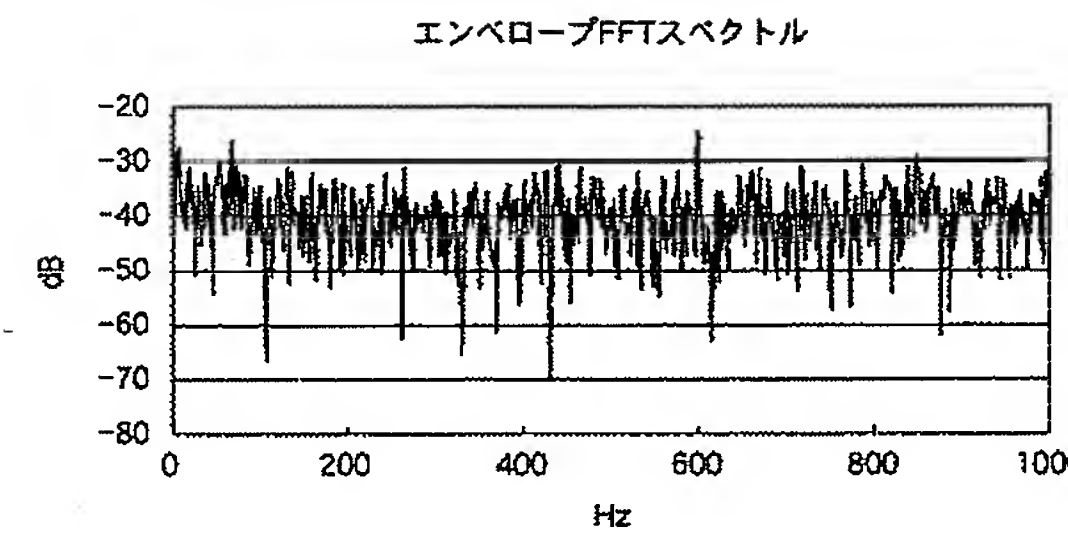
[Drawing 27]



[Drawing 28]



[Drawing 29]



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2004-211813
(P2004-211813A)

(43) 公開日 平成16年7月29日(2004.7.29)

(51) Int. Cl. ⁷	F 1	テーマコード (参考)
F 1 6 C 19/52	F 1 6 C 19/52	2 G 0 2 4
B 6 1 F 15/12	B 6 1 F 15/12	3 J 1 0 1
F 1 6 C 19/38	F 1 6 C 19/38	
F 1 6 C 33/58	F 1 6 C 33/58	
F 1 6 C 41/00	F 1 6 C 41/00	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 23 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2002-382635 (P2002-382635)	(71) 出願人	000004204
(22) 出願日	平成14年12月27日 (2002.12.27)		日本精工株式会社
			東京都品川区大崎1丁目6番3号
		(74) 代理人	100105647
			弁理士 小栗 昌平
		(74) 代理人	100105474
			弁理士 本多 弘徳
		(74) 代理人	100108589
			弁理士 市川 利光
		(74) 代理人	100115107
			弁理士 高松 猛
		(74) 代理人	100090343
			弁理士 濱田 百合子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鉄道車両の車軸用軸受装置

(57) 【要約】

【課題】 信号の S N 比を向上させることが可能な鉄道車両の車軸用軸受装置を提供すること。

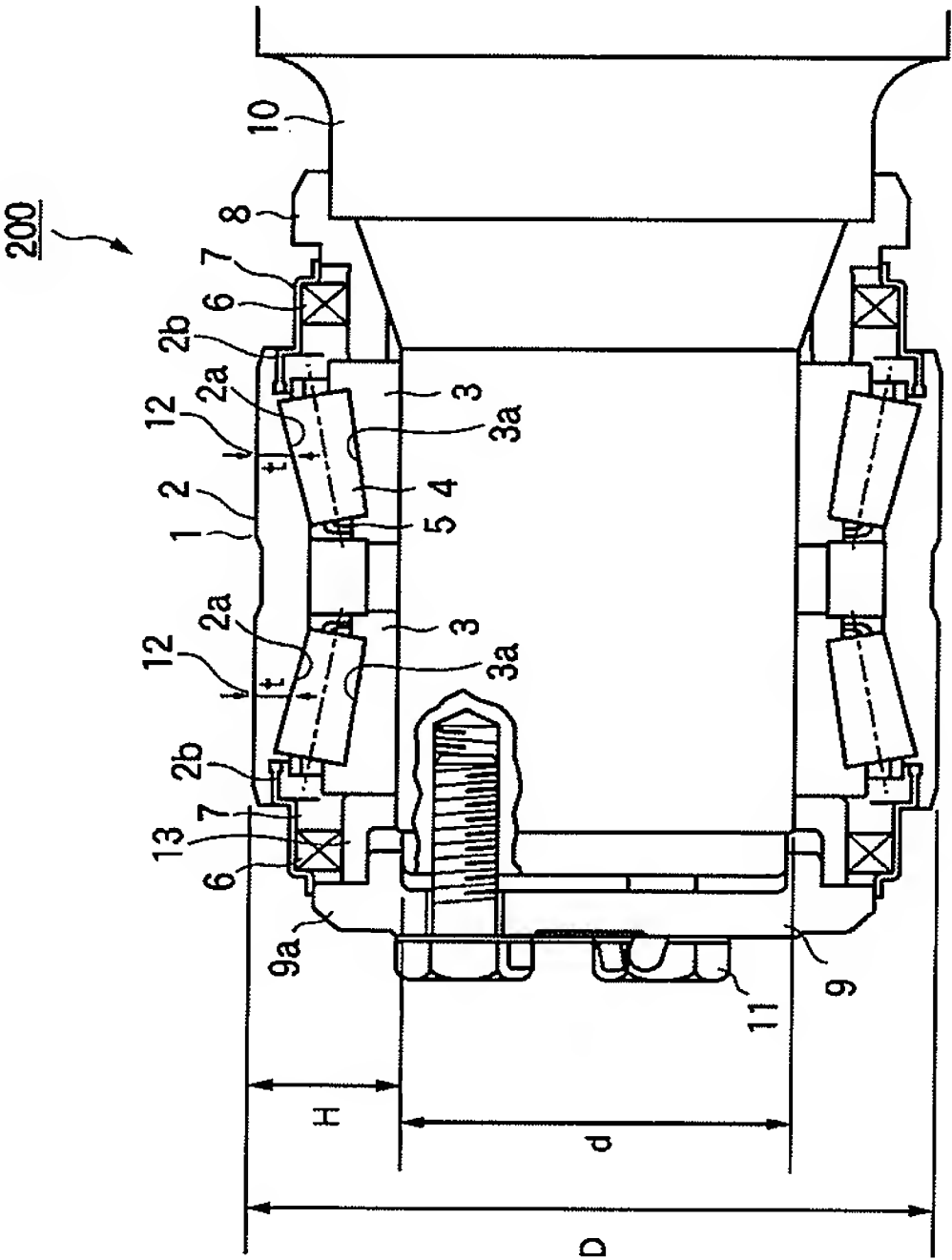
【解決手段】 内輪軌道を有し、鉄道車両の車軸に外嵌する内輪と、外輪軌道を有し、鉄道車両の車両本体側に内嵌する外輪と、前記内輪軌道と前記外輪軌道との間に転動自在に保持された複数の転動体と、を有する転がり軸受を備えた鉄道車両の車軸用軸受装置であって、前記外輪と前記転動体の接触幅の中心に外輪薄肉部が設けられ、前記外輪薄肉部の肉厚 t と、径方向断面幅 H が以下のような関係式を満たすことを特徴とする鉄道車両の車軸用軸受装置。

$0.75 \leq t / H \leq 1.05$

ここで、

(径方向断面幅 H) = (外輪外径 - 内輪内径) / 2

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内輪軌道を有し、鉄道車両の車軸に外嵌する内輪と、
外輪軌道を有し、鉄道車両の車両本体側に内嵌する外輪と、
前記内輪軌道と前記外輪軌道との間に転動自在に保持された複数の転動体と、
を有する転がり軸受を備えた鉄道車両の車軸用軸受装置であって、
前記外輪と前記転動体の接触幅の中心に外輪薄肉部が設けられ、
前記外輪薄肉部の肉厚 t と、径方向断面幅 H が以下のような関係式を満たすことを特徴とする鉄道車両の車軸用軸受装置。

$$0.75 \leq t / H \leq 1.05$$

ここで、

$$(\text{径方向断面幅 } H) = (\text{外輪外径} - \text{内輪内径}) / 2$$

【請求項 2】

前記外輪薄肉部は、前記転がり軸受の負荷圈に配置されることを特徴とする請求項 1 記載の鉄道車両の車軸用軸受装置。

【請求項 3】

前記転がり軸受から発生する信号を電気信号として出力可能なセンサが、前記外輪薄肉部に取り付けられることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の鉄道車両の車軸用軸受装置。

【請求項 4】

鉄道車両の台車に組み込まれることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項記載の鉄道車両の車軸用軸受装置。

【請求項 5】

前記センサを介して得られた情報を基に、前記転がり軸受の異常の有無を診断することを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項記載の鉄道車両の車軸用軸受装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、鉄道車両の車軸用軸受装置に係り、異常診断に適した軸受装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、鉄道車両の車軸を回転自在に支持する軸受装置では、摺動部材である軸受構成部品の摩耗や破損による不都合の発生を防止するために、定期的に分解目視検査を実施するようにしている。

この分解目視検査は、車両の一定期間の使用後に、軸受を車両から取り外して分解し、熟練した専門の検査担当者が、目視により分解した各構成部品の摩耗の度合いや傷の有無を確認する。この確認により、新品の部品にはない凹凸や摩耗などの異常が検出されれば、新品に交換し、再度組み立てを実施する。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、この分解検査は、車両から軸受を取り外す分解作業や、検査済みの軸受構成部品の再度組み立て直す組み込み作業に多大な労力がかかり、車両の保守・管理コストの大幅な増大を招くという問題があった。

【0004】

また、例えば、組み立て直す際に検査前には無かった打痕を軸受構成部品につけてしまうなど、検査自体が軸受の欠陥を生む原因となる虞もある。

また、限られた時間内で多数の軸受を目視で検査するため、欠陥を見落とす可能性が残るという問題もあった。

更に、目視検査では、欠陥の程度の判断に個人差が生じ、実質的には欠陥がなくても欠陥有りと見なされて部品交換が行われてしまう場合があり、無駄にコストがかかることになる。

【0005】

一方、センサ等を用いて軸受の状態を観測し、分解検査を行うことなく異常診断を行う手法も提案されている。しかしながら、信号のS/N比が悪い場合には、異常診断の精度が落ちてしまい、診断結果の信頼性が失われてしまうという問題もある。

【0006】

本発明は、上記問題を鑑みて為されたものであり、信号のS/N比を向上させることが可能な鉄道車両の車軸用軸受装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明の上記目的は、以下のような鉄道車両の車軸用軸受装置により達成される。

10

(1) 内輪軌道を有し、鉄道車両の車軸に外嵌する内輪と、
外輪軌道を有し、鉄道車両の車両本体側に内嵌する外輪と、
前記内輪軌道と前記外輪軌道との間に転動自在に保持された複数の転動体と、
を有する転がり軸受を備え、
前記外輪と前記転動体の接触幅の中心に外輪薄肉部が設けられ、
前記外輪薄肉部の肉厚 t と、径方向断面 H が以下のような関係式を満たすことを特徴とする鉄道車両の車軸用軸受装置。

$$0.75 \leq t/H \leq 1.05$$

ここで、

$$(\text{径方向断面 } H) = (\text{外輪外径} - \text{内輪内径}) / 2$$

20

(2) 前記外輪薄肉部は、前記転がり軸受の負荷圈に配置されることを特徴とする(1)の鉄道車両の車軸用軸受装置。

(3) 前記転がり軸受から発生する信号を電気信号として出力可能なセンサが、前記外輪薄肉部に取り付けられることを特徴とする(1)または(2)の鉄道車両の車軸用軸受装置。

(4) 鉄道車両の台車に組み込まれることを特徴とする(1)～(3)の何れかの鉄道車両の車軸用軸受装置。

(5) 前記センサを介して得られた情報を基に、前記転がり軸受の異常の有無を診断することを特徴とする(1)～(4)の何れかの鉄道車両の車軸用軸受装置。

30

【0008】

本発明によれば、外輪薄肉部にセンサを取り付けて、軸受から信号を読み取ることにより、S/N比が良好な信号を検出することが可能である。このことは、異常振動を最も強く伝達する負荷部に外輪薄肉部を設け、センサを取り付けた場合に、最も顕著となる。従って、軸受装置を分解することなく精度の高い異常診断を行うことが可能となり、異常診断にかかる労力を削減することができる。

【0009】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面に基づいて本発明に係る鉄道車両用の軸受装置の実施形態を詳細に説明する。

【0010】

40

図1は、本発明に係る鉄道車両用の軸受装置200を示す断面図である。軸受装置100は、鉄道車両の車軸10に外嵌する内輪3, 3と、内輪3, 3と径方向に対向して配置された外輪2と、外輪2及び内輪3間に配置された転動体としての複数のころ4と、複数のころを保持する保持器5と、を各列に備えた複列円錐ころ軸受1により構成されている。この軸受1は、車両の台車を介して、車軸が回転自在となるように車体全体を支える構造となっている。

【0011】

内輪3, 3は、車軸10上に固定されており、車軸10とともに回転する回転輪である。内輪3, 3の外径面には、それぞれ内輪軌道3a, 3aが形成されており、ころ4は、内輪軌道3a, 3aに沿ってそれぞれ転動する。

50

【0012】

外輪 2 は、内輪 3、3 の外径が鉄道車両の車体側の台車に固定されている静止輪である。外輪 2 の内径側には、ころ 4、4 に対応して 2 つの外輪軌道 2 a、2 a が形成されており、ころ 4 は、外輪軌道 2 a、2 a に沿ってそれぞれ転動する。外輪 2 の両側面端部 2 b、2 b には、オイルシール 6、6 を保持するシールケース 7、7 が、軸方向に延出してそれぞれ取り付けられている。

【0013】

オイルシール 6、6 は、シールケース 7、7 の内径側に取り付けられている。オイルシール 6、6 は、外輪 2 及び内輪 3 間の軸受空間に封止されるオイル、グリース等の潤滑剤が外部に漏れないように、また外部からゴミや埃等の塵埃が軸受空間内に流入しないように防ぐ封止部材として機能している。

10

【0014】

車軸 10 の軸方向端部には、前蓋 9 がボルト 11 により固定されている。前蓋 9 の径方向端は、前蓋 9 側のシールケース 7 と接触しており、回転時にはシールケース 7 に対して前蓋 9 が摺動する。前蓋 9 と内輪 3 との間には油切り 13 が配置されている。前蓋 9 側のシールケース 7 に取り付けられたオイルシール 6 は、油切り 13 と摺動接触することにより、オイルシール 6 及び油切り 13 間を封止している。

【0015】

一方、前蓋 9 の反対側にあたる軸受 1 端部には、内輪 3 と車軸 10 との間に、後蓋 8 が固定されている。後蓋 8 側に取り付けられたシールケース 7 は、後蓋 8 に摺動接触しており、また後蓋 8 側のシールケースに取り付けられたオイルシール 6 は、後蓋 8 と摺動接触することにより、オイルシール 6 及び後蓋 8 間を封止している。

20

【0016】

本実施形態では、外輪 2 は、通常の軸受と比べて外輪 2 の厚さが薄い薄肉部 12、12 を有して構成される。薄肉部 12 は、外輪 2 においてころ 4、4 が接触する領域のころ 4 の軸方向中心に対応する部位にそれぞれ形成されている。ここで、本実施形態における薄肉部 12、12 は、軸受寸法に対して以下のような関係を満たす。

$$0.75 \leq t/H \leq 1.05 \dots (1)$$

ここで、

t : 外輪 2 の薄肉部 12 における径方向厚さ (薄肉部 12 の肉厚)

30

d : 内輪内径

D : 外輪外径

H : 径方向断面幅 = (外輪外径 - 内輪内径) / 2

【0017】

この薄肉部 12、12 である外輪 2 外径面上には、異常診断において、軸受の振動、音または A E 情報を収集する検出素子を備えたセンサがそれぞれ取り付けられ、センサにより軸受に発生する振動が収集される。本実施形態では、センサが取り付けられる外輪 2 の領域 (薄肉部 12、12) の厚さが、式 (1) で記載されたように構成されている。外輪 2 の厚みが上記式 (1) の範囲にあるような薄肉とされた場合には、軸受内部からの振動がセンサに伝達されやすくなるため、他のノイズと比較して、軸受内部の異常に起因する振動を検出する感度が高くなり、S N 比が向上する。

40

【0018】

この薄肉部 12 は、外輪 2 のすべての箇所に設ける必要はなく、センサが配置される箇所にのみ構成しても構わない。一般に、センサは、外輪 2 の負荷圏 (荷重がかけられる部位) に配置されるため、外輪 2 の負荷圏にのみ上記式 (1) を満たす薄肉部 12 を設けるように構成しても良い。

【0019】

また、組み込まれるセンサとしては、上記情報を検出する検出素子と共に、温度、回転数、ひずみ等を検出する検出素子があわせて組み込まれた複合センサユニットであっても良い。

50

また、センサユニットケース内部に増幅器をそれぞれ設けるように構成しても良い。センサから出力された信号がケーブルを介して出力される間に、ノイズが入り込み、測定の信頼性が低下する恐れがあるが、予め増幅器を介して信号レベルを大きくしておくことにより、ノイズの影響を受けにくくなり、信頼性が向上する。

【0020】

センサと外部との間は、有線（ケーブル）により信号が伝達される。有線（ケーブル）は、ノイズの減少等測定精度を向上させるために、防水、防油、防塵、防錆、防湿、耐熱、耐電磁ノイズ性を有しているのが好ましい。同様に、センサの各検出素子は、ノイズの減少等測定精度を向上させるために、防水、防油、防塵、防錆、防湿、耐熱、耐電磁ノイズ性を有しているのが好ましい。例えばセンサユニット内にすべての検出素子を収納し、センサの筐体に防水、防油、防塵、防錆、防湿、耐熱、耐電磁ノイズ性を持たせることによって、実施することが可能である。

10

【0021】

以下、センサを用いた異常診断について説明する。図2は、センサ22を用いた異常診断装置の全体構成を示す図である。図2において、軸受1の外輪2の薄肉部12にセンサ22が取り付けられた構成であるとして説明する。センサ22は、図3(a)に示すように、温度検出素子22b、回転検出素子22c及び振動検出素子22cがセンサケース22a内部に収納されているとして説明を行う。なお、図3(b)に示すように、増幅器が各検出素子に対応して設けられている構成であっても良い。各検出素子22b～22dは、それぞれ軸受1の温度、回転数、及び振動を検出し、外部の演算処理部30に出力する

20

【0022】

演算処理部30は、各検出素子22b～22dから受け取った出力である電気信号の演算処理を行い、軸受の異常の有無および異常発生箇所の特定制を行うユニットである。演算処理部30は、例えば、既存のオペレーションシステムと異常診断実行用ソフトウェアアプリケーションがインストールされたパーソナルコンピュータを用いて構成してもよいし、各部毎に独立した処理、保存回路から構成される演算ユニットとして構成してもよい。

【0023】

演算処理部30は、データ蓄積分配部31と、温度分析部32と、回転分析部33と、フィルタ処理部34と、振動分析部35と、比較判定部36と、内部データ保存部37と、データ蓄積出力部38と、を有している。以下、演算処理部30の各部の構成及び機能について詳述する。

30

【0024】

図4は、第1のデータ蓄積部であるデータ蓄積分配部31を示す図である。データ蓄積分配部31は、データ蓄積部31aと、サンプリング部31bと、サンプリング基準設定部31cとを有している。データ蓄積部31aは、各検出素子22b～22dからの出力信号を各信号毎に保存するデータ保存媒体であり、各種メモリやハードディスク等で構成することが可能である。

【0025】

データ蓄積部31aは、各検出素子22b～22dから送られた信号を受け取り一時的に蓄積すると共に、信号の種類に応じて各分析部32、33、34の何れかに信号を振り分ける。各種信号は、データ蓄積分配部31に送られる前段にて、図示せぬA/Dコンバータによりデジタル信号に変換される。

40

【0026】

サンプリング基準設定部31bは、外部の入力部100から得られた情報に基づいて、振動検出素子22dが出力したアナログ信号からノイズの影響が大きい領域を除外するための基準値を設定するものである。ここで、入力部100は、マウス・キーボード等の入力手段であり、ユーザは、入力部100を介して基準値を任意に設定することが可能である

【0027】

50

サンプリング部 3 1 c は、時間データである振動、温度、回転数データを所定長さに切り出して、後段の分析部に信号を出力するためのサンプリングを行う。このサンプリング部 3 1 c は、振動検出素子 2 2 d からの出力信号がサンプリング基準設定部 3 1 b が設定した基準値より大きなノイズを含んでいる場合には、そのノイズが入っている時間帯について信号のサンプリングを行わず、後段のフィルタ処理部 3 4 に信号が出力されないようにする。具体的には、信号レベルがある一定値以上となっているある 2 点 A および B を検出し、A から B の時間の間は、データをフィルタ処理部 3 4 及び振動分析部 3 5 の方に出力しないよう制御する。これにより、大きなノイズデータを含む時間領域の周波数成分を行わないようにすることが可能となり、誤った異常診断を行う可能性を小さくすることが可能である。なお、サンプリング基準設定部 3 1 b 及びサンプリング部 3 1 c は、必ずしも設ける必要はなく、また同様の効果を奏することが可能であれば、例えばデータ蓄積部 3 1 a の前段等、別の場所に配置するように構成してもよい。

10

【0028】

温度分析部 3 2 は、温度検出素子 2 2 b からの出力信号を基に軸受の温度を算出し、算出した温度を比較判定部 3 6 に送付する。分析部 3 2 は、例えば検出素子の特性に応じた温度換算テーブルを有しており、検出信号のレベルを基に、温度データを算出する。

【0029】

回転分析部 3 3 は、回転検出素子 2 2 c からの出力信号を基に、内輪 2 4、つまりは車軸の回転速度を算出し、算出した回転速度を比較判定部 3 6 に送付する。例えば、回転検出素子 2 2 c が、内輪 2 4 に取り付けられたエンコーダと外輪 2 3 に取り付けられた磁石および磁気検出素子で構成されている場合には、回転検出素子 2 2 c が出力する信号は、エンコーダの形状と回転速度に応じたパルス信号となる。回転分析部 3 3 は、エンコーダの形状に応じた所定の変換関数又は変換テーブルを有しており、関数またはテーブルに従って、パルス信号から内輪 2 4 および車軸の回転数を算出する。

20

【0030】

振動分析部 3 5 は、振動検出素子 2 2 d からの出力信号を基に、軸受 2 1 に発生している振動の周波数分析を行う。具体的には、振動分析部 3 5 は、振動信号の周波数スペクトルを算出する FFT 計算部であり、FFT のアルゴリズムに基づいて、振動の周波数スペクトルを算出する。算出された周波数スペクトルは、比較判定部 3 6 に送られる。また、振動分析部 3 5 は、FFT を行う前処理として、振動信号の包絡線を求めるエンベロープ処理を行い、ノイズの低減を図るように構成してもよい。振動分析部 3 5 は、必要に応じて、エンベロープ処理後のエンベロープデータもあわせて比較判定部 3 6 に出力する。

30

【0031】

一般に、軸受の回転に起因して生じる振動の異常周波数帯は、軸受の大きさ、転動体の数等に依存して決まっている。軸受の各部材の欠陥と、各部材で発生する異常振動周波数の関係は、図 5 に示すとおりである。周波数分析においては、サンプリング時間に応じて、フーリエ変換可能な最大の周波数（ナイキスト周波数）が決まるため、ナイキスト周波数以上の周波数は、振動信号中に含まれていないことが好ましい。そのため、本実施形態では、データ蓄積分配部 3 1 と振動分析部 3 5 の間にフィルタ処理部 3 4 を設け、フィルタ処理部 3 4 にて所定の周波数帯を切り出し、切り出された周波数帯のみを含む振動信号を振動分析部 3 5 に送付するように構成している。鉄道車両において、低速で車軸が回転している場合には、例えば、1 kHz 以下の周波数成分のみを抽出するように構成すればよい。

40

【0032】

また、フィルタ処理部 3 4 は、最初はフィルタ処理を行わず、振動分析部 3 5 にてまず周波数スペクトルを求め、ピークが観測される周波数帯を予め見積もり、その後に周波数帯域に対応したフィルタ処理を行った後に、改めて周波数分析を行うように構成してもよい。このように構成することによっても、不要なノイズを効果的に排除し、精度の高い周波数分析を行うことが可能となる。

【0033】

50

センサ 2 2、特に振動検出素子 2 2 d を負荷がかかっている部位（負荷圏）に取り付けると、感度よく信号を検出できるため、より精度の高い測定が行える。ここで、負荷圏とは、図 5 に示すように、転動体に対する荷重が負荷される領域を指す。

【0034】

また、負荷圏にセンサを取り付けるスペースがない時やノイズを発生する高電圧ケーブルが配設されている時など止むを得ず非負荷圏に取り付ける場合は、フィルタ処理などで信号の検出感度を上げるようにすることで測定が可能となる。

【0035】

比較判定部 3 6 は、振動分析部 3 5 が求めた振動の周波数スペクトルと、内部データ保存部 3 7 に保存されている基準値または周波数スペクトル中から算出される基準値とを比較し、異常振動が発生しているかどうかを判定する。ここで、基準値は、軸受の特定部位の摩耗や破損に起因した周波数成分のデータ、または周波数スペクトル毎に求められるスペクトルに含まれた所定の値である。比較判定部 3 6 は、周波数成分の比較による判定と同時に、温度分析部 3 2 および回転分析部 3 3 から得られた温度および回転速度の分析結果と、内部データ保存部 3 7 に蓄積されている軸受の各種データ等の仕様諸元データを参照し、判定の正確性を期す。

10

【0036】

具体的には、比較判定部 3 6 は、振動の周波数スペクトルを基に異常有りと判定された場合、軸受の温度を確認し、温度が所定値を超えていれば重大な異常が発生していると判断する。また、何れかのみが異常を示している場合には、何らかの異常が生じていると判断する。そしてどちらの結果も正常であれば、異常なしと判断する。何れか一方のみが異常を示している場合には、複数回判定を行っても結果が変わらない場合に異常有りと判断するように構成してもよい。比較判定部 3 6 は、異常診断の結果をデータ蓄積出力部 3 8 に出力する。

20

【0037】

比較判定部 3 6 が行う振動情報を基にした異常診断の具体的な処理としては、以下のような方法が挙げられる。

【0038】

（１）エンベロープデータの実効値を基準値として用いる方法

本方法では、図 5 の式を基に、異常時に発生する周波数成分を求める。そしてエンベロープデータの実効値を算出し、この実効値から比較用の基準値を求める。そして、基準値以上の周波数を算出し、異常時に発生する周波数成分との比較を行う。以下、図 7 を参照しながら説明を行う。

30

【0039】

まず、センサユニット 2 2 a に収納された振動検出素子 2 2 d を介して軸受の振動を検出する（ステップ S 1 0 1）。検出された信号は、所定の増幅率で増幅され、A/D 変換器によりデジタル信号に変換される（ステップ S 1 0 2）。デジタル信号に変換された振動信号は、所定のフォーマットにて、データ蓄積分配部 3 1 に保存される（ステップ S 1 0 3）。

【0040】

次に、デジタル信号の周波数スペクトルを求め（ステップ 1 0 4）、求められた周波数スペクトルを基に、フィルタ処理部 3 4 が、デジタル信号に適用されるフィルタ帯域を選定する（ステップ S 1 0 5）。フィルタ処理部 3 4 は、選定したフィルタ帯域以外の周波数成分を除去するフィルタ処理を行い（ステップ S 1 0 6）、フィルタ処理後のデジタル信号を振動分析部 3 5 に出力する。そして、振動分析部 3 5 は、フィルタ処理後のデジタル信号にエンベロープ処理を施し（ステップ S 1 0 7）、エンベロープ処理後のデジタル信号の周波数スペクトルを求める（ステップ S 1 0 8）。

40

【0041】

同時に、エンベロープ処理後のデジタル信号の実効値を計算し（ステップ S 1 0 9）、実効値を基にして、異常診断に用いられる基準値を算出する（ステップ S 1 1 2）。ここで

50

、実効値は、エンベロープ処理後のデジタル信号の振幅の絶対値の平均値として求められたものである。基準値は、実効値を基に、以下の式（１）または（２）に基づき算出される。

$$(\text{基準値}) = (\text{実効値}) + \alpha \quad \dots (1)$$

$$(\text{基準値}) = (\text{実効値}) \times \beta \quad \dots (2)$$

α , β : データの種類によって可変な所定の値

【００４２】

次に、図５に示す表に基づき、軸受の異常に起因して発生する周波数を求（ステップＳ１１０）、求めた周波数に対応する各部材の異常周波数成分のレベル、すなわち、内輪傷成分 S_i (Zf_i)、外輪傷成分 S_o (Zf_c)、転動体成分 S_b ($2f_b$) 及び保持器成分 S_c (f_c) を抽出し（ステップＳ１１１）、ステップ１１２で計算された基準値との比較を行う（ステップＳ１１３）。そして、すべての成分の値が、基準値より小さい場合には、軸受に異常は発生していないと判断し（ステップＳ１１４）、いずれかの成分が基準値以上である場合には、該当個所に異常が発生していると判断する（ステップＳ１１５）。

10

【００４３】

図８は、異常が発生していない場合の周波数スペクトルを、そして図９は、外輪に異常が発生している場合の周波数スペクトルをそれぞれ例示するグラフである。図８の例においては、エンベロープデータより、基準値が -29.3 dB として得られた。図８中のグラフ中に基準値のラインを引き、内輪傷成分 S_i (Zf_i)、外輪傷成分 S_o (Zf_c)、転動体成分 S_b ($2f_b$) 及び保持器成分 S_c (f_c) と比較を行うと、何れの成分のレベルも、基準値より小さかった。従って、この軸受は、正常であると判断できる。一方、図９の場合には、外輪傷成分 S_o (Zf_c) が基準値よりも大きく突出しており、軸受の外輪に異常が発生していると判断することができる。

20

【００４４】

また、図１０は、保持器に傷がある場合の周波数スペクトルと基準値の関係を示すグラフである。図１０においては、保持器傷に対応する周波数 f_c において、基準値よりも大きなピークが観測されている。このように、発生周波数のピークの有無は、軸受に起因する周波数におけるレベルと基準値との比較によって判断されるため、図１０に示すような小さなピークであっても、適切に診断を行うことが可能である。

30

【００４５】

（２）スペクトルのピークを求め、ピーク周波数と異常周波数を比較する方法

本方法では、図５の式を基に、異常時に発生する周波数成分を求める。そして、振動分析部３６が求めた周波数スペクトルの中で所定数または基準値以上のピークについて、異常が発生する周波数成分に該当するかどうかを照合する。以下、図１１に示すフローチャートを基に詳細を説明する。

【００４６】

ステップＳ１０８までの流れは、（１）の方法に記載したものと同様であるため省略する。本方法では、まず得られた周波数スペクトルのピークを計算する（ステップＳ１０９）。ここで、周波数のピークを求めるためには、第一に、各周波数成分のデータ点のレベルとその一つ前の周波数成分のデータ点のレベルの差を示す差データを求める。そして、差データの符号が正から負に代わる変曲点を探しだし、その正負の基になった差データに参与している周波数値でピークとなっていると判断する。ただし、診断に必要なピーク値は、山（傾斜）が急な鋭いピークとなっているもののみを対象とするため、傾きが所定の基準値（例えば、１又は－１）より大きい又は小さい場合にのみ、ピークとなっていると判断するようにする。

40

【００４７】

図１２は、周波数スペクトルを示す図である。図１２において、連続する３点 A (X_0 、 Y_0)、 B (X_1 、 Y_1) 及び C (X_2 、 Y_2) については、点 B がピークとなっている。この場合、 A と B との差データ $\delta_1 = Y_1 - Y_0 > 0$ となっており、 B と C との差デー

50

タ $\delta_2 = Y_2 - Y_1 < 0$ となっているため、差データが正から負に変化している。そして、ここで傾き $(Y_1 - Y_0) / (X_1 - X_0) > 1$ または $(Y_2 - Y_1) / (X_2 - X_1) < -1$ を満たしている場合、点 B がピークであると判断する。

【0048】

そして、軸受の諸元から図 5 に基づき、異常周波数を算出し（ステップ S 202）、求めた周波数に対応する各部材の異常周波数成分のレベル、すなわち、内輪傷成分 S_i (Z f i)、外輪傷成分 S_o (Z f c)、転動体成分 S_b (2 f b) 及び保持器成分 S_c (f c) を抽出する（ステップ S 203）。そして、ピーク周波数と異常時に発生する周波数を比較し、ピーク周波数と算出した異常周波数が一致しているかどうか判断する（ステップ S 204）。そして、あるピークが異常周波数と一致している場合には、該当する異常周波数に対応する部材に異常が発生していると判断する（ステップ S 206）。どの周波数とも一致していない場合には、異常無しと判断する（ステップ S 205）。

10

【0049】

（3）基本周波数と特定の高調波を用いる方法

本方法は、異常周波数成分の基本周波数である 1 次の値、基本周波数の倍の周波数を持つ 2 次の値、そして基本周波数の 4 倍の周波数を持つ 4 次の値についてピークの周波数と異常時に発生する周波数が一致しているかどうかを比較し、少なくとも 2 つの周波数において異常有りと判断された場合には、最終的に異常有りと判断し、異常有りと判断された周波数が一つ以下である場合には、異常なしと判断する。以下、図 13 を参照しながら、詳細に説明する。

20

【0050】

周波数スペクトルを算出し、異常に起因して発生する周波数の算出までのプロセスは、方法（1）のフローと同様である。本方法では、比較において、まず図 13 に示すように、異常時に発生する基本成分（1 次成分）の周波数において、スペクトルの値が基準値以上であるかどうかを判断する（ステップ S 301）。スペクトルの値が、基準値以上である場合には、1 次成分が一致したと判断し、ステップ S 302 へ進む。一方、一致しなかった場合には、ステップ S 311 へ進む。

【0051】

ステップ S 302 では、異常時に発生する基本成分の 2 倍の周波数をもつ 2 次成分の周波数において、スペクトルの値が基準値以上であるかどうかを判断する。スペクトルの値が、基準値以上である場合には、2 次成分が一致したと判断し、ステップ S 321 で該当個所に異常が発生していると最終判断する。一方、一致しなかった場合には、ステップ S 312 へ進む。

30

【0052】

ステップ S 311 でも、異常時に発生する基本成分の 2 倍の周波数をもつ 2 次成分の周波数において、スペクトルの値が基準値以上であるかどうかを判断する。スペクトルの値が、基準値以上である場合には、2 次成分が一致したと判断し、ステップ S 312 へ進む。一方、一致しなかった場合には、ステップ S 321 へ進み、該当個所に異常は発生していないと最終判断する。

40

【0053】

ステップ S 312 では、異常時に発生する基本成分の 4 倍の周波数をもつ 4 次成分の周波数において、スペクトルの値が基準値以上であるかどうかを判断する。スペクトルの値が、基準値以上である場合には、4 次成分が一致したと判断し、ステップ S 321 で該当個所に異常が発生していると最終判断する。一方、一致しなかった場合には、該当個所に異常は、発生していないと最終判断する。

【0054】

図 14 は、外輪に傷がある場合の、周波数スペクトルを示す図である。基本周波数である Z f c の自然数倍の高調波が観測されていることがわかる。この場合の基準値が -10 dB である場合には、1 次、2 次及び 4 次の成分すべてについて、スペクトルの値が基準値以上となっていることがわかる。従って、本方法の処理により、外輪に異常が発生してい

50

ると判断される。

【0055】

一般に、異常に対応する周波数に偶然ノイズ等の影響により大きなピークが観測されるような場合が考えられるが、本方法によれば、1次、2次及び4次の成分の内、少なくとも2つの周波数において、ピークの値が基準値以上でなければ異常と判断しないため、誤判断を行う可能性を減少することが可能となる。

【0056】

なお、図13のフローチャートでは、1次、2次、4次の順に比較を行ったが、ピークレベルが大きい方から順に比較を行うように構成してもよい。この場合には、最もピークが大きな周波数のピークが基準値以下であれば、その時点で、異常なしと判断することが可能であり、演算時間を短縮することが可能である。また、組み合わせる周波数成分としては、1次の値、2次の値および3次の値の組み合わせや2次の値、4次の値および6次の値の組み合わせであってもよい。

10

【0057】

(4) 異常診断と共に損傷の大きさを推定する方法

方法(1)～(3)において、異常の有無を診断したが、以下のようにして、損傷の大きさを推定することも可能である。図15は、エンベロープ処理後の周波数スペクトルを示す図である。図において、周波数 Zfc に大きなピークが観測されており、外輪に損傷が発生していることがわかる。この Zfc におけるピークの値 L_n と周波数スペクトル全体の平均値である基準レベル L_0 を比較すると、異常を起こしている外輪における損傷の大きさを推定することができる。

20

【0058】

図16は、転がり軸受において、軌道輪の損傷である剥離が生じた場合に、剥離の大きさと、実測周波数スペクトルデータ $d1$ 上に現れるピークと基準レベルとの間のレベル差の関係を示したものである。このように、一般的に、レベル差は、損傷の大きさに比例して増大するため、逆に、実測周波数スペクトルデータ $d1$ 上のピークにおけるレベル差を求めることで、損傷の大きさを推定することが可能である。なお、実測周波数スペクトルデータ $d1$ 上でのピークレベルの増大は、周波数成分の1次値に対応するピークで一番顕著となる。

従って、異常が検出された場合に、周波数成分の1次の値 L_n と基準レベル L_0 とのレベル差 l を計算することにより、損傷の度合いを推定し、損傷の度合いに応じて、損傷部品の交換時期を決定することができる。これにより、過剰な部品交換やメンテナンスの実施するのではなく、適切な時期に交換を行うようにし、維持コストを削減することが可能となる。

30

【0059】

(5) 基本周波数の自然数倍の高調波成分とのレベル差を基準値とする方法

本方法は、異常周波数成分の基本周波数である1次のレベルに対して、基本周波数の2、3、4、・・・ n 倍の周波数を持つ2、3、4、・・・ n 次のレベルが基準値以上となっている個数をカウントし、所定個数以上基準値を超えている場合に、異常が発生していると判断するものである。具体的には、1次のレベルに対し、 n 次の値が $\{(1\text{次のレベル}) - (n-1) \cdot a\}$ (dB) 以上である場合に、カウントを行う。ここで、“ a ”は任意の値である。以下、図17に示すフローチャートを参照しながら説明する。

40

【0060】

図17は、本方法における処理フローを示すフローチャートである。本方法における周波数スペクトル算出までの処理は、図7のフローチャートのステップ $S101$ ～ステップ $S108$ に至るまでの処理と同一である。図17には、ステップ $S108$ 以降の処理を示す。

【0061】

まず、図5に示す式を参照して、軸受の異常に起因する異常周波数を軸受の各部位(外輪、内輪、転動体、及び保持器)毎に算出し(ステップ $S401$)、異常周波数に対応する

50

周波数スペクトルのレベルを抽出する（ステップ S 4 0 2）。そして、異常周波数の自然数倍（2, 3, … n 倍）の周波数に対応する周波数スペクトルのレベルをそれぞれ算出する（ステップ S 4 0 3）。

ここでは、基本となる異常周波数の 2, 3, 4, 5 倍の周波数を持つ 2 次、3 次、4 次及び 5 次成分を抽出するものとする。

【0062】

次に、基本となる 1 次の値を基準として、各 2, 3, 4, 5 次成分のレベルの確認を行う（ステップ S 4 0 4）。ここでは、各成分のレベルが $\{ (1 \text{ 次のレベル}) - 3 (n \cdot 1) \}$ (dB) 以上である場合に、異常有りのカウントを行う。具体的には、以下の場合に、各成分に関し異常有りのカウントが行われる。

(2 次成分のレベル) > (1 次成分のレベル) - 3

(3 次成分のレベル) > (1 次成分のレベル) - 6

(4 次成分のレベル) > (1 次成分のレベル) - 9

(5 次成分のレベル) > (1 次成分のレベル) - 12

【0063】

そして、異常有りのカウントの個数が所定個数以上であるかどうかを確認することによって、最終的な異常判断を行う（ステップ S 4 0 5）。ここでは、2 個以上異常有りのカウントがあれば、最終的に異常有りと判断し、1 個以下であれば、異常なしと判断する。

【0064】

図 18 は、円筒ころ軸受（外径 215 mm、内径 100 mm、幅 47 mm、ころ数 14）を約 300 min^{-1} で内輪を回転させたときの周波数スペクトルのレベルと基準線との関係を示す図である。図中の直線は、上述の基準値を線で結んだ判定基準線である。軸受にきずがある場合には、2 次以上の成分の値は、判定基準線以上となっているが、正常状態でも発生するころ落ち音に対応するピークのレベルは、2 次及び 4 次成分にて、この判定基準線を下回っている。一般に、ころ落ち音（転動体落ち音）は、外輪に欠陥がある場合と比較して高次成分が低いため、図 18 で示すように、殆どの値が判定基準線を下回る。これにより、ころ落ち音等、外輪に欠陥がある場合と同じ周波数にピークが現れるような場合であっても、高次成分のレベルを比較することにより、異常か正常かをより精度よく判断することが可能である。

【0065】

(6) 周波数帯域毎の実効値を用いる方法

本方法では、異常に起因する周波数のピークレベルそのものの値ではなく、異常に起因する周波数を含む周波数帯の実効値を用いて、異常診断を行う。具体的に、異常に起因する周波数を含む周波数帯の実効値とは、周波数帯のレベルの自乗平均またはパーシャルオーバーオールである。ここで、自乗平均 V_1 及びパーシャルオーバーオール S_1 は、以下の式で与えられる。ここで、 V_{RMS} および S_{OA} は、全周波数帯における自乗平均及びオーバーオールである。オーバーオールは、特定の指定区間の総和を意味する。

【0066】

【数 1】

10

20

30

$$V_i = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (P_k - \bar{P}_m)^2 \quad \dots (1)$$

$$S_i = \sum_{k=1}^m P_k \quad \dots (2)$$

$$V_{RMS} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})^2 \quad \dots (3)$$

$$S_{OA} = \sum_{i=1}^N P_i \quad \dots (4)$$

10

ただし、

$$N \cdot \Delta f \leq \frac{f_s}{2} \quad \dots (5)$$

m : 切り出される周波数帯域幅 (データ点数)

\bar{P}_m : 区間 m におけるスペクトルの平均値

P_i : 周波数 i におけるスペクトルの値

\bar{P} : 区間 N におけるスペクトルの平均値

20

f_s : サンプル周波数

Δf : 隣り合う周波数の幅 (周波数分解能)

【0067】

図19は、本方法の処理フローを示すフローチャートである。本方法における周波数スペクトル算出までの処理は、図7のフローチャートのステップS101～ステップS108に至るまでの処理と同一である。図19には、ステップS108以降の処理を示す。

【0068】

まず、図5に示す式を参照して、軸受の異常に起因する異常周波数を軸受の各部位 (外輪、内輪、転動体、及び保持器) 毎に算出し (ステップS501)、その後、算出された周波数を含む周波数帯域について、自乗平均 (V_i) 又はパーシャルオーバーオール (S_i)、及び、周波数スペクトルの帯域全体の自乗平均 (V_{RMS}) 又はオーバーオール (S_{OA}) である正規化値を算出する (ステップS502)。そして、前述の一つの次数成分帯域の自乗平均 (V_i) 又はパーシャルオーバーオール (S_i) を前記正規化値 (V_{RMS} 又は S_{OA}) で除した値又は差分の値を算出する (ステップS503)。

30

【0069】

次に、除した値又は差分の値を保存されている参照データと比較照合し、除した値又は差分の値が正常な範囲であるかどうか、具体的には所定の基準値以上かどうかを判断する (ステップS504)。除した値又は差分の値が所定の基準値以上または以下であれば、異常有りと判断し、周波数帯に基づき、異常発生箇所を特定する (ステップS505)。ここで、基準値以上であるか以下である場合に異常有りとするかは、実際の測定によって定めればよい。それ以外の場合は、異常なしと判断する (ステップS506)。

40

【0070】

以上の方法を、実際の測定結果を引用して説明する。図20は、外輪に異常がある場合の周波数スペクトルを、図21は、外輪に異常が無い場合のスペクトルを示すグラフである。図20の左端近傍 (10～20Hzあたり) には、異常ピーク周波数帯が存在する。このスペクトル全体の自乗平均値 V_a は、0.016である。一方、図21の対応するスペクトル全体の自乗平均値 V_n は、0.008である。ここで、外輪きずに起因する異常周波数帯 (基本周波数) に対して抽出する周波数帯域幅を2Hzとすると、その帯域における自乗平均値を V で正規化した値は、図20の場合90.78であり、図21の場合

50

合 38.47 となる。異常を有する場合は、正常時に比べて約 2.4 倍正規化した値が大きいことがわかる。従って、90.78 と 38.47 の間又は正常時と異常時の比に所定のしきい値を設け、しきい値より大きい場合には、外輪に異常が発生していると判断することができる。

【0071】

一方、図 22 及び図 23 は、複数の帯域を用いる場合の例を示す。図 22 は、外輪に損傷を有するころ軸受及び正常な歯車（歯数：31）を有する機械設備のエンベロープ周波数スペクトルを示すグラフである。この図では、5つの周波数ピークが観測されており、基本周波数から、その整数倍毎に 2 次成分から 5 次成分までが観測されている。一方、図 23 は、図 22 に対応する正常時の観測データであり、特異周波数は見あたらない。

10

【0072】

以下、図 22 及び図 23 のデータに関し、上記手法を適用してみる。外輪きずに起因する基本周波数およびその 5 次までの成分の各帯域における自乗平均値の和をスペクトル全体の自乗平均値で正規化した値は、図 22 の場合は 11.64 であり、図 23 の場合は 5.19 となる。ここで、5 次の高調波とは、基本周波数から数えて 5 番目のピークを意味する。異常を有する場合は、正常時に比べて約 2.2 倍正規化した値が大きいことがわかる。従って、11.64 と 5.19 の間又は正常時と異常時の比に所定のしきい値を設け、しきい値より大きい場合には、外輪に異常が発生していると判断することができる。

【0073】

以上が、比較判定部 36 により異常の有無の判断を行う場合の具体的な処理パターンである。比較判定部 36 は、これらの方法のうち複数の判断方法を用いて異常診断を行うように構成してもよい。複数の判断方法により、異常と判断することは、異常診断の正確さが向上するため好ましい。

20

【0074】

データ蓄積出力部 38 は、比較判定部 36 の判定結果を保存する保存部であり、ハードディスクやメモリ媒体等で構成される。データ蓄積出力部 38 は、比較判定部 38 の判定結果を制御部 41 及び結果出力部 42 に出力する。データ蓄積出力部 38 は、制御部 41 へは以下に説明する制御部 41 の動作に必要な場合にのみ、結果を出力するように構成しても良い。

【0075】

制御処理部 40 は、演算処理部 30 の分析結果や判定結果を所定の表示形態で表示する表示手段としての結果出力部 42 と、軸受 21 が組み込まれている車両の駆動機構の動作を制御する制御系に前記比較判定部 36 の判定結果に応じた制御信号をフィードバックする制御器 41 とを備えている。

30

【0076】

結果出力部 42 は、具体的には、モニターや画像表示やプリンタへ印刷出力によって、演算処理部 30 の分析結果や判定結果を通知する他、演算処理部 30 の判定結果が異常有りの場合には、警告灯の点滅や警報機の作動による通知を行う。

【0077】

制御部 41 は、例えば、演算処理部 30 の判定結果が異常有りの場合に、異常の程度に応じて、車両の走行停止や、速度の減速等を示す制御信号を車両の走行制御器に送る。本実施形態では、複数のセンサ 22 は、軸受装置の軸受の状態を連続で測定し、演算処理部 30 は、測定されたデータに基づき順次異常診断するようにしている。従って、制御処理部 40 は、異常が発生したら即座に異常を通知し、車両の制御を行う。即ち、検出、分析、判定及び結果出力の流れがリアルタイムに行われている。

40

【0078】

なお、センサ 22 は、常に測定を行うように構成してもよいし、または所定時間毎に測定を行うように構成しても構わない。また、リアルタイムに異常診断を行う代わりに、車両運行時には測定及び測定データの蓄積のみを行い、後に別の場所で解析を行うように構成してもよい。例えば、日中は測定のみを行い、夜間にまとめて分析、判定及び結果出力を

50

行うように構成しても構わない。

【0079】

なお、本実施形態の異常診断装置は、軸受装置の軸受の異常の有無及び異常発生箇所を診断するとしたがこれに限られず、車輪のフラット部を診断するように構成してもよいし、また軸受装置の歯車の異常の有無及び異常発生箇所を診断するように構成してもよい。

【0080】

また、検出処理部20の代わりに、図3(c)に示すように、演算処理部30と無線通信を行うセンサ52を用いてもよい。このセンサは、送信部52hを介して、演算処理部30に設けられた受信部に無線を介して信号を送信する。

【0081】

このように構成することにより、検出処理部20と演算処理部30間の配線等を考慮することなく、センサを軸受装置に取り付けることが可能となるため、センサの配置自由度が増し、精度が高くなる位置にセンサを取り付けることが容易になる。同様の送信部及び受信部を設けることにより、演算処理部30と制御処理部40との間を無線通信で行うように構成しても良い。

【0082】

図24は、本実施形態の軸受装置1により検出した振動信号の時間波形を示すグラフであり、そして、図25及び図26は、それぞれ図24の時間波形の周波数スペクトルおよびエンベロープ処理後の周波数スペクトルを示すグラフである。図24から、本実施形態の軸受装置1を用いることにより、周期的に感度良く、信号が検出されていることがわかる。また、図26より、非常に強いピークを持つ周期的な周波数ピークが観測されていることがわかり、ノイズと信号とが非常にはっきりと区分されていることがわかる。

【0083】

一方、図27は、従来の軸受装置により検出した振動信号の時間波形を示すグラフであり、そして、図28及び図29は、それぞれ図27の時間波形の周波数スペクトルおよびエンベロープ処理後の周波数スペクトルを示すグラフである。従来の軸受装置には、図24～26で観察される異常ピークに対応した傷が設けられている。しかし、図24とは異なり、図27の時間波形には周期的な振動は観察されておらず、図28及び図29に示される周波数スペクトルを見ても周期的な強いピークは現れていない。これは、ノイズ成分が大きいため、傷に起因する信号成分がノイズに埋もれてしまったものと推察される。これより、本実施形態の軸受装置1は、振動検出におけるS/N比の向上に寄与しており、従来の軸受装置では検出が困難な信号成分であっても、検出可能であるといえる。

【0084】

以上、本実施形態の軸受装置によれば、外輪薄肉部12にセンサ22を取り付けて、軸受1から信号を読み取る。これにより、S/N比が良好な信号を検出することが可能である。このことは、異常振動を最も強く伝達する負荷部に外輪薄肉部12を設け、センサを取り付けた場合に、最も顕著となる。従って、軸受装置を分解することなく精度の高い異常診断を行うことが可能となり、異常診断にかかる労力を削減することが可能となる。

【0085】

なお、本実施形態では、軸受装置内の軸受は、複列円錐ころ軸受であるとしたが、これに限られず、円筒ころ軸受や玉軸受等各種軸受などにも適用することが可能である。

【0086】

【発明の効果】

本発明によれば、外輪薄肉部にセンサを取り付けて、軸受から信号を読み取ることにより、S/N比が良好な信号を検出することが可能である。このことは、異常振動が強く発生する負荷部に外輪薄肉部を設け、センサを取り付けた場合に、最も顕著となる。従って、軸受装置を分解することなく精度の高い異常診断を行うことが可能となり、異常診断にかかる労力を削減することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る鉄道車両用の軸受装置を示す図である。

【図 2】 本発明に係る鉄道車両用の異常診断装置の実施形態を示す図である。

【図 3】 センサの内部構造を示すブロック図である。

【図 4】 データ蓄積分配部を示す図である。

【図 5】 軸受の各部材の欠陥と各部材で発生する異常振動周波数の関係を示す関係式 である。

【図 6】 軸受における負荷圏と非負荷圏の関係を示す図である。

【図 7】 第 1 の方法における処理のフローを示すフローチャートである。

【図 8】 異常が発生していない場合の周波数スペクトルを示すグラフである。

【図 9】 外輪に異常が発生している場合の周波数スペクトルを示すグラフである。

【図 10】 保持器に傷がある場合の周波数スペクトルと基準値の関係を示すグラフである 10

。

【図 11】 第 2 の方法における処理のフローを示すフローチャートである。

【図 12】 周波数スペクトルを示す図である。

【図 13】 第 3 の方法における処理のフローを示すフローチャートである。

【図 14】 外輪に傷がある場合の周波数スペクトルを示す図である。

【図 15】 エンベロープ処理後の周波数スペクトルを示す図である。

【図 16】 剥離の大きさと、実測周波数スペクトルデータに現れるピークと基準レベルとの間のレベル差の関係を示したものである。

【図 17】 第 5 の方法における処理のフローを示すフローチャートである。

【図 18】 周波数スペクトルのレベルと基準線との関係を示す図である。 20

【図 19】 第 6 の方法における処理のフローを示すフローチャートである。

【図 20】 外輪に異常がある場合の周波数スペクトルを示すグラフである。

【図 21】 外輪に異常が無い場合の周波数スペクトルを示すグラフである。

【図 22】 外輪に異常がある場合の周波数スペクトルを示すグラフである。

【図 23】 外輪に異常が無い場合の周波数スペクトルを示すグラフである。

【図 24】 本実施形態の軸受装置から検出された振動信号の時間波形を示すグラフである

。

【図 25】 図 24 の時間波形の周波数スペクトルを示すグラフである。

【図 26】 図 24 の時間波形のエンベロープ処理後の周波数スペクトルを示すグラフである。 30

【図 27】 従来の軸受装置から検出された振動信号の時間波形を示すグラフである。

【図 28】 図 27 の時間波形の周波数スペクトルを示すグラフである。

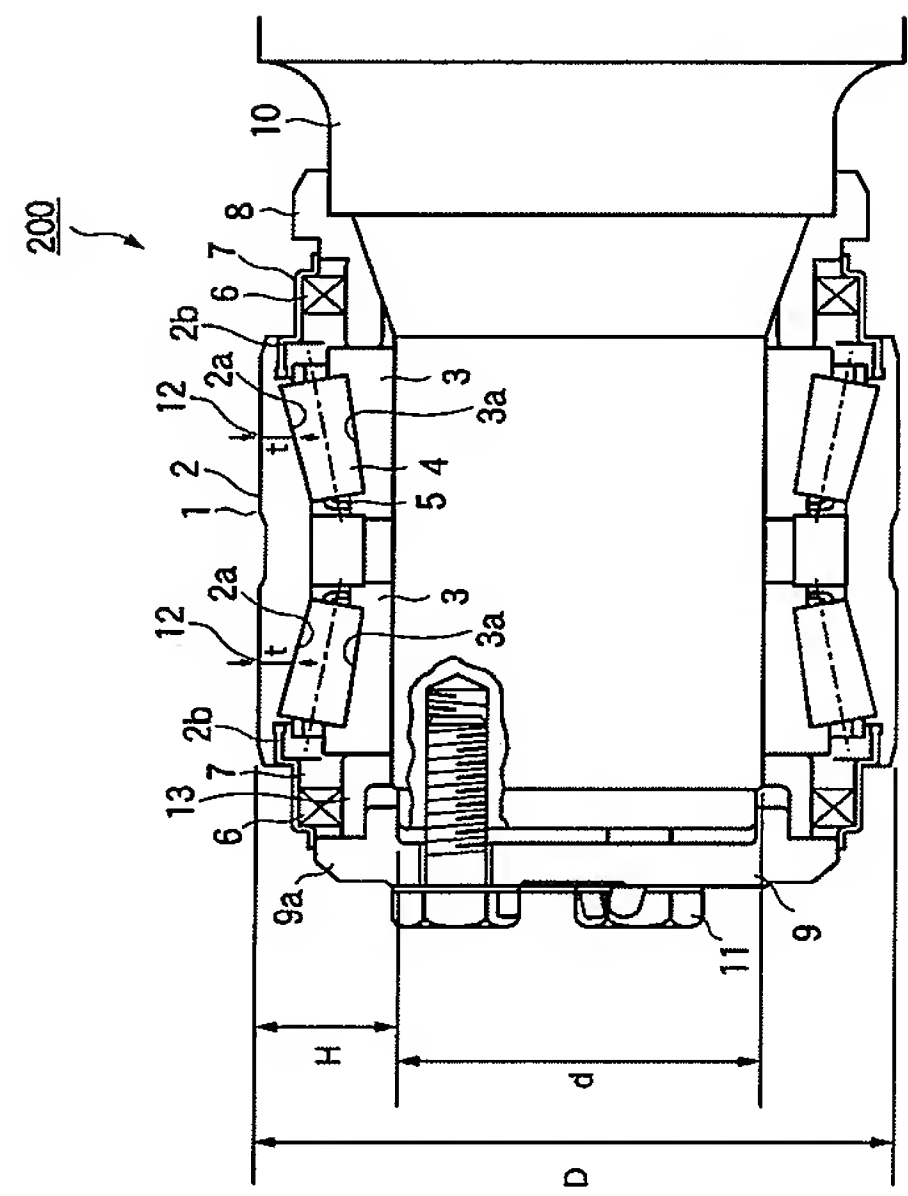
【図 29】 図 28 の時間波形のエンベロープ処理後の周波数スペクトルを示すグラフである。

【符号の説明】

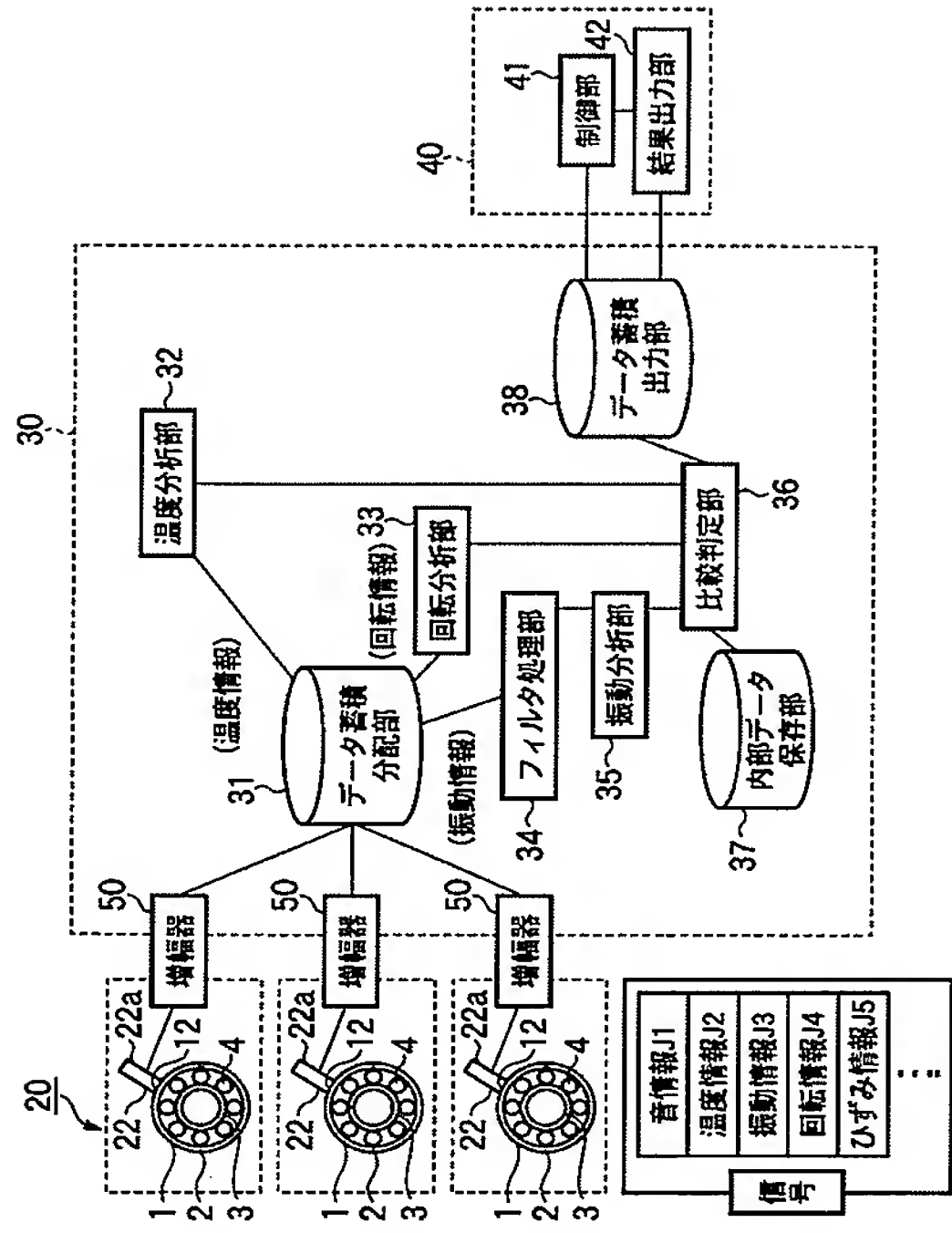
- 1 軸受装置
- 2 外輪
- 3 内輪
- 4 ころ（転動体）
- 5 保持器
- 6 オイルシール
- 7 シールカバー
- 8 後蓋
- 9 前蓋
- 10 車軸
- 11 ボルト
- 12 薄肉部
- 13 油切り
- 20 検出処理部
- 22, 52 センサ

- 3 0 演算処理部
- 3 1 データ蓄積分配部
- 3 2 温度分析部
- 3 3 回転分析部
- 3 4 フィルタ処理部
- 3 5 振動分析部
- 3 6 比較判定部
- 3 7 内部データ保存部
- 3 8 データ蓄積出力部
- 4 0 制御処理部
- 4 1 制御部
- 4 2 結果出力部
- 5 0 増幅器
- 1 0 0 入力部
- 2 0 0 軸受装置

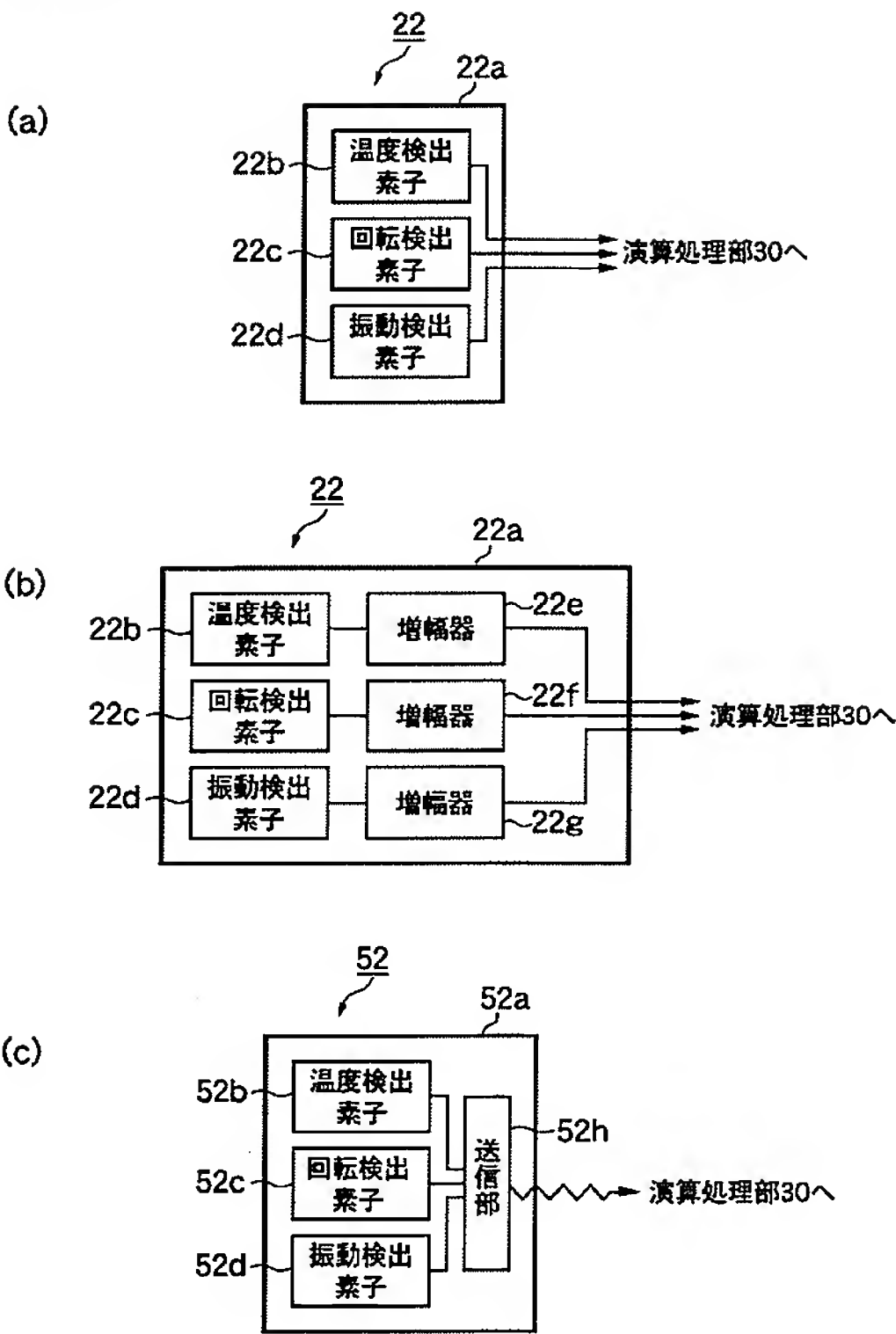
【図 1】



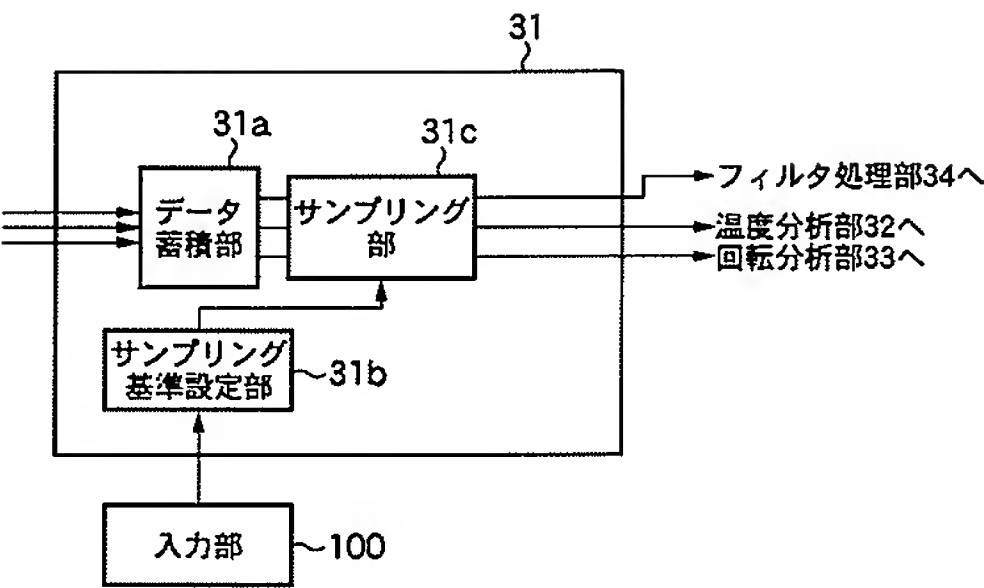
【図 2】



【 図 3 】



【 図 4 】

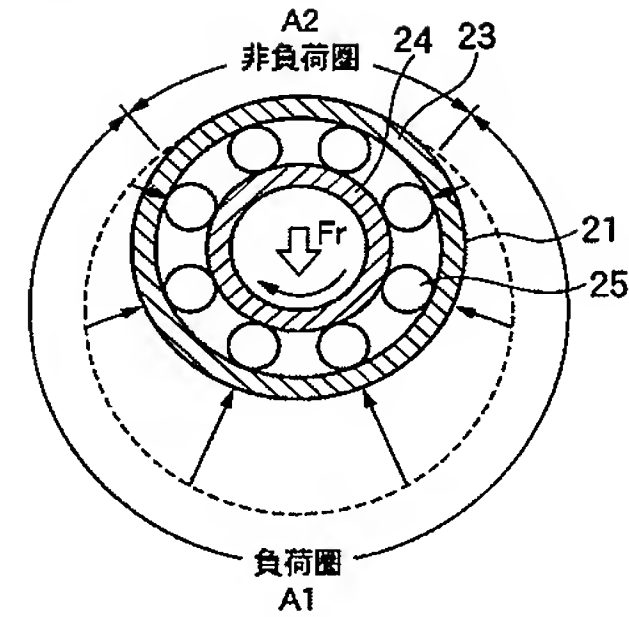


【 図 5 】

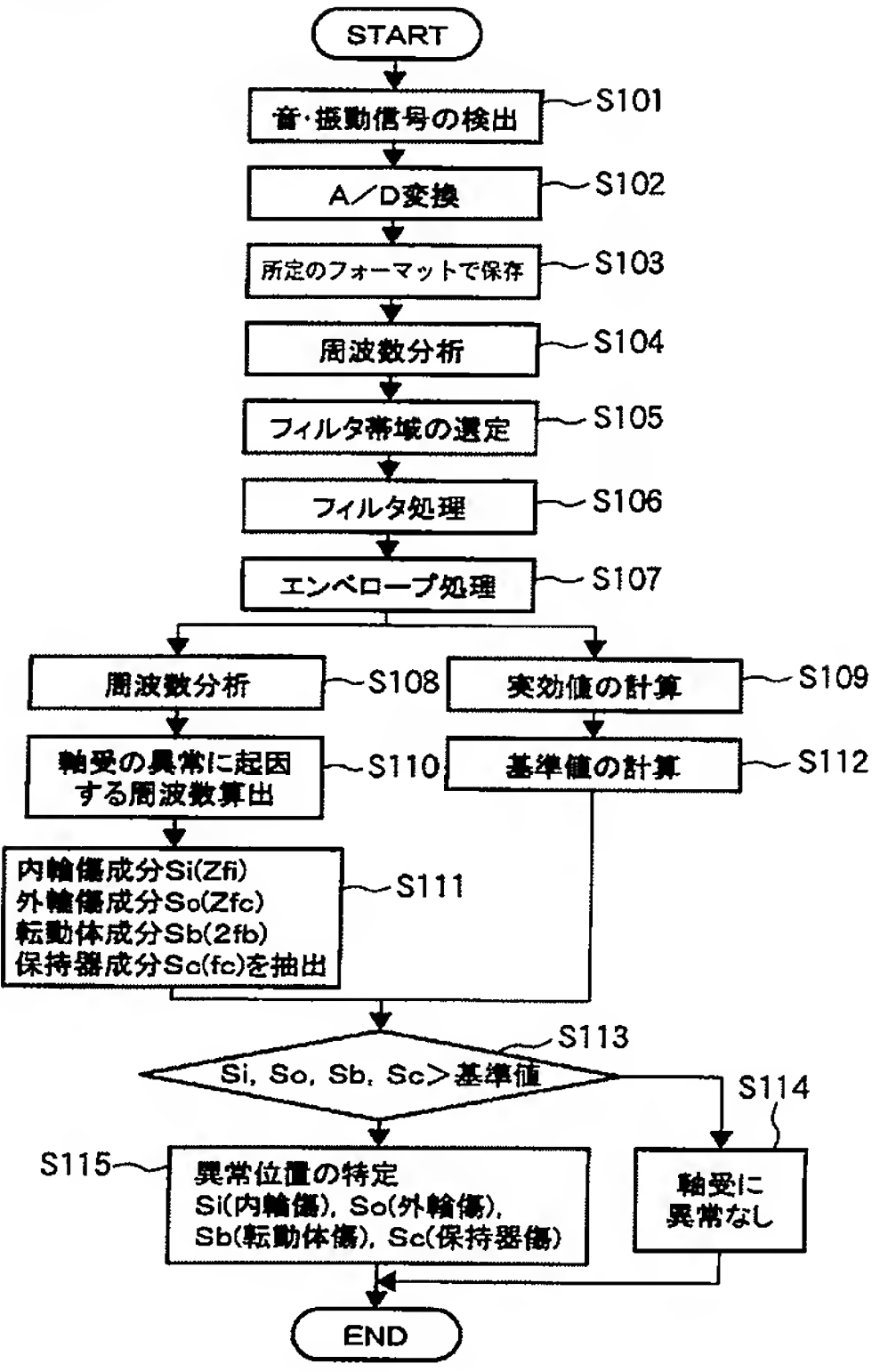
転がり軸受の傷	エンベロープ処理後の周波数
内輪 (Si)	$Zf_i = \frac{fr}{2} \left(1 + \frac{Da}{dm} \cos \alpha \right) Z$ [Hz]
外輪 (So)	$Zf_c = \frac{fr}{2} \left(1 - \frac{Da}{dm} \cos \alpha \right) Z$ [Hz]
転動体 (Sb)	$2fb = fr \left(1 - \frac{Da^2}{dm^2} \cos^2 \alpha \right)$ [Hz]
保持器 (Sc)	$fc = \frac{fr}{2} \left(1 - \frac{Da}{dm} \cos \alpha \right)$ [Hz]

fr:内輪回転速度 [Hz] Z:転動体の数
fc:保持器回転速度 [Hz] fi:fr−fc
fb:転動体自転速度 [Hz] Da:転動体直径 [mm]
dm:ピッチ円直径 [mm] α:接触角 [度]

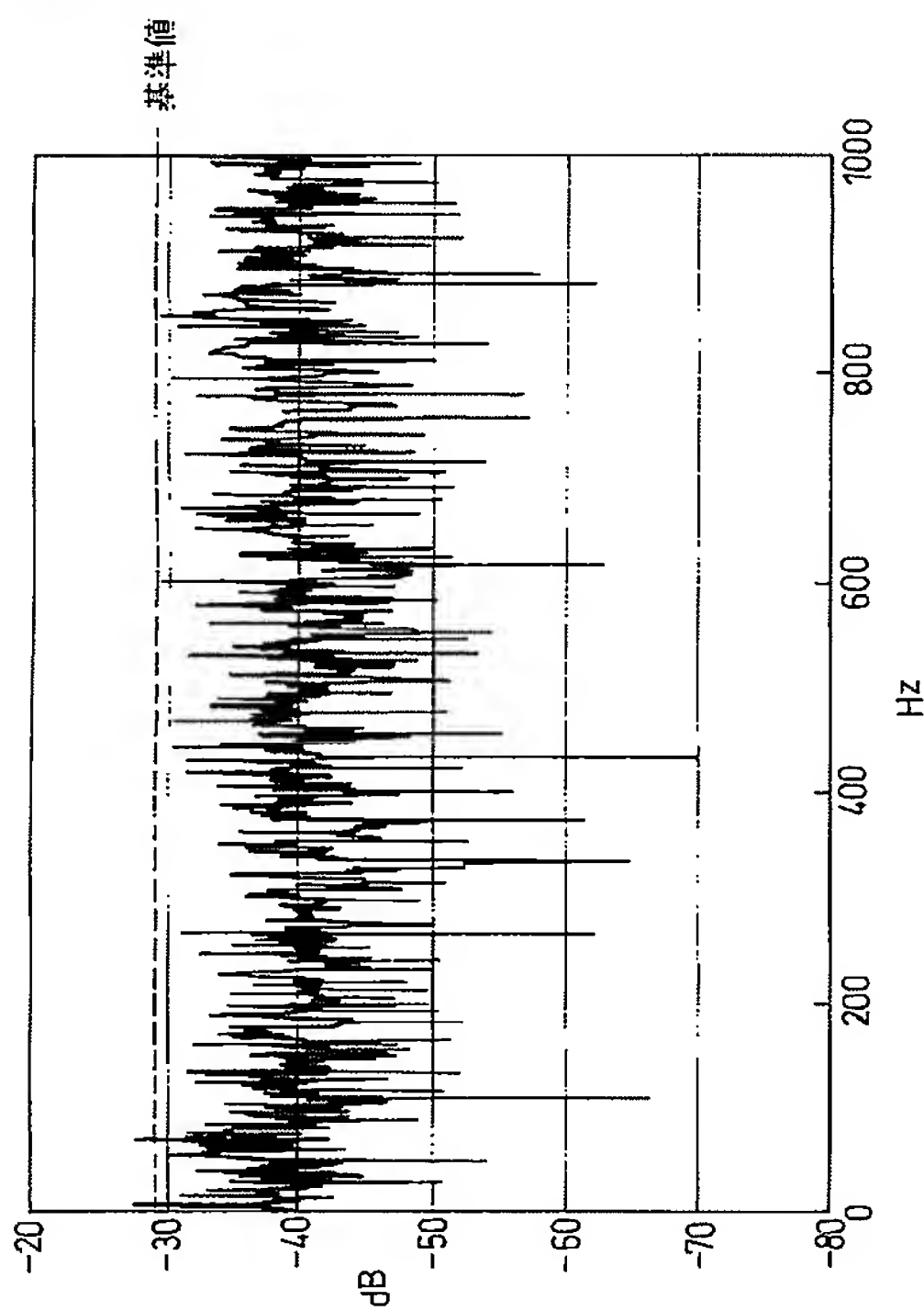
【 図 6 】



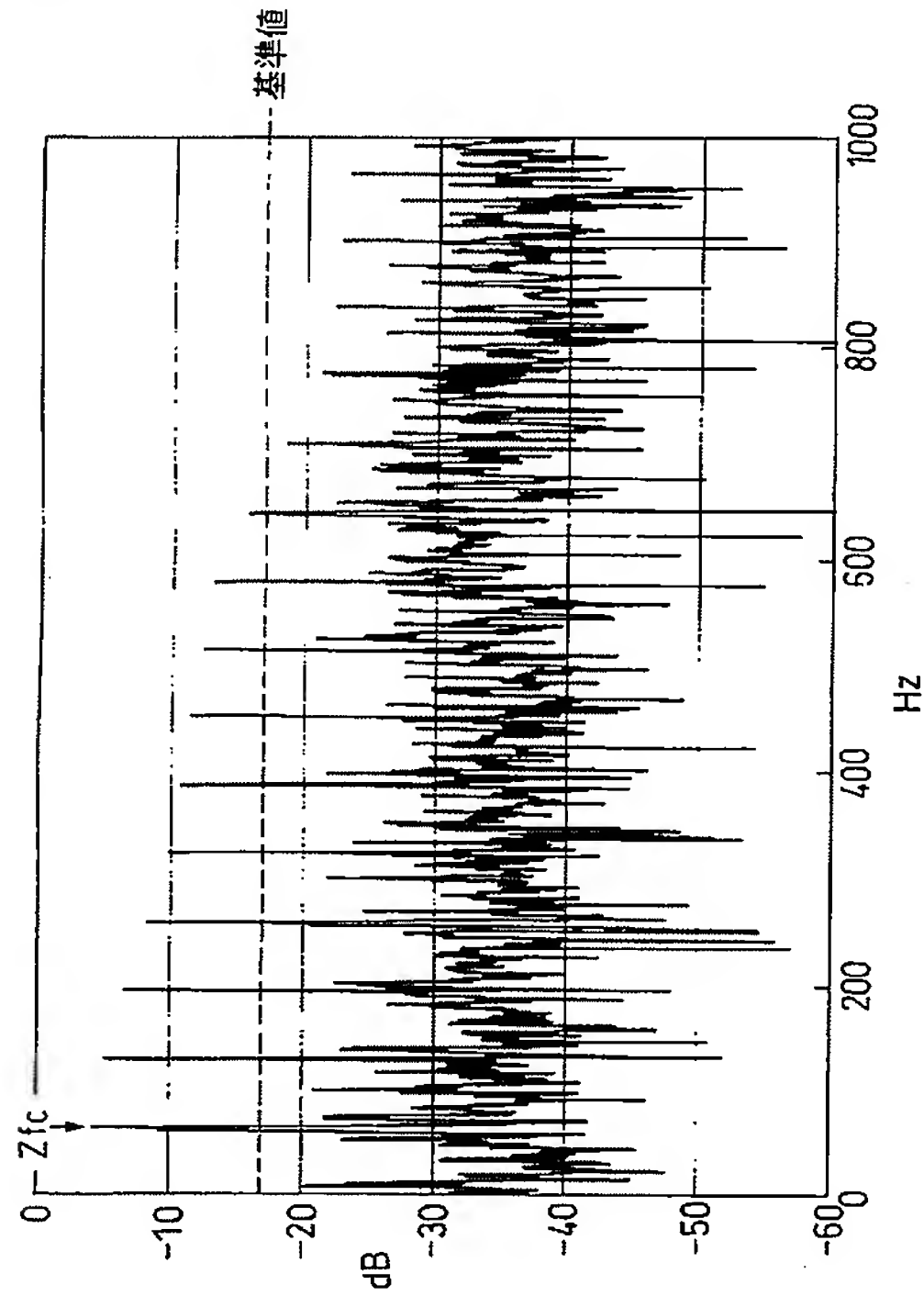
【図 7】



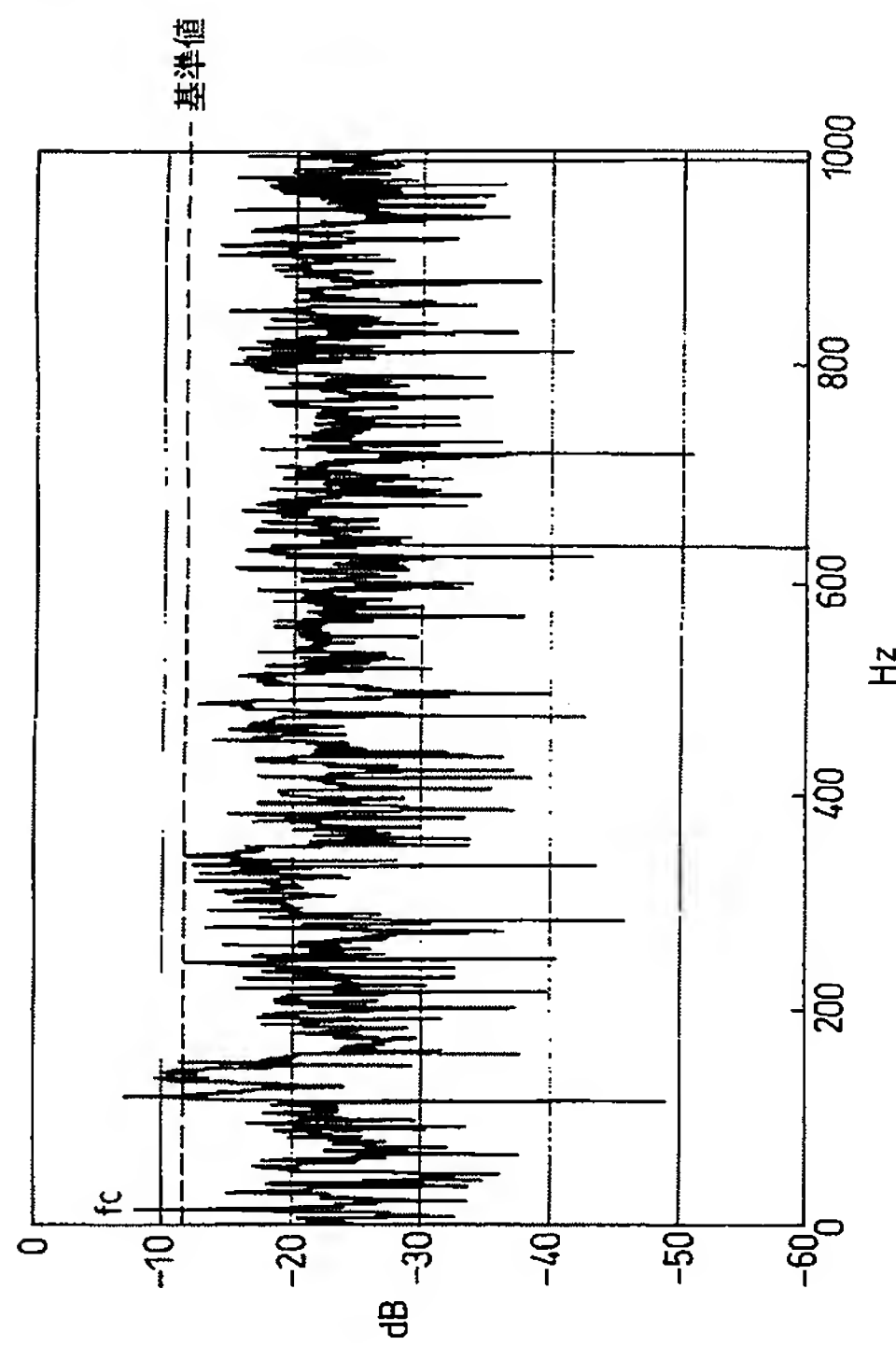
【図 8】



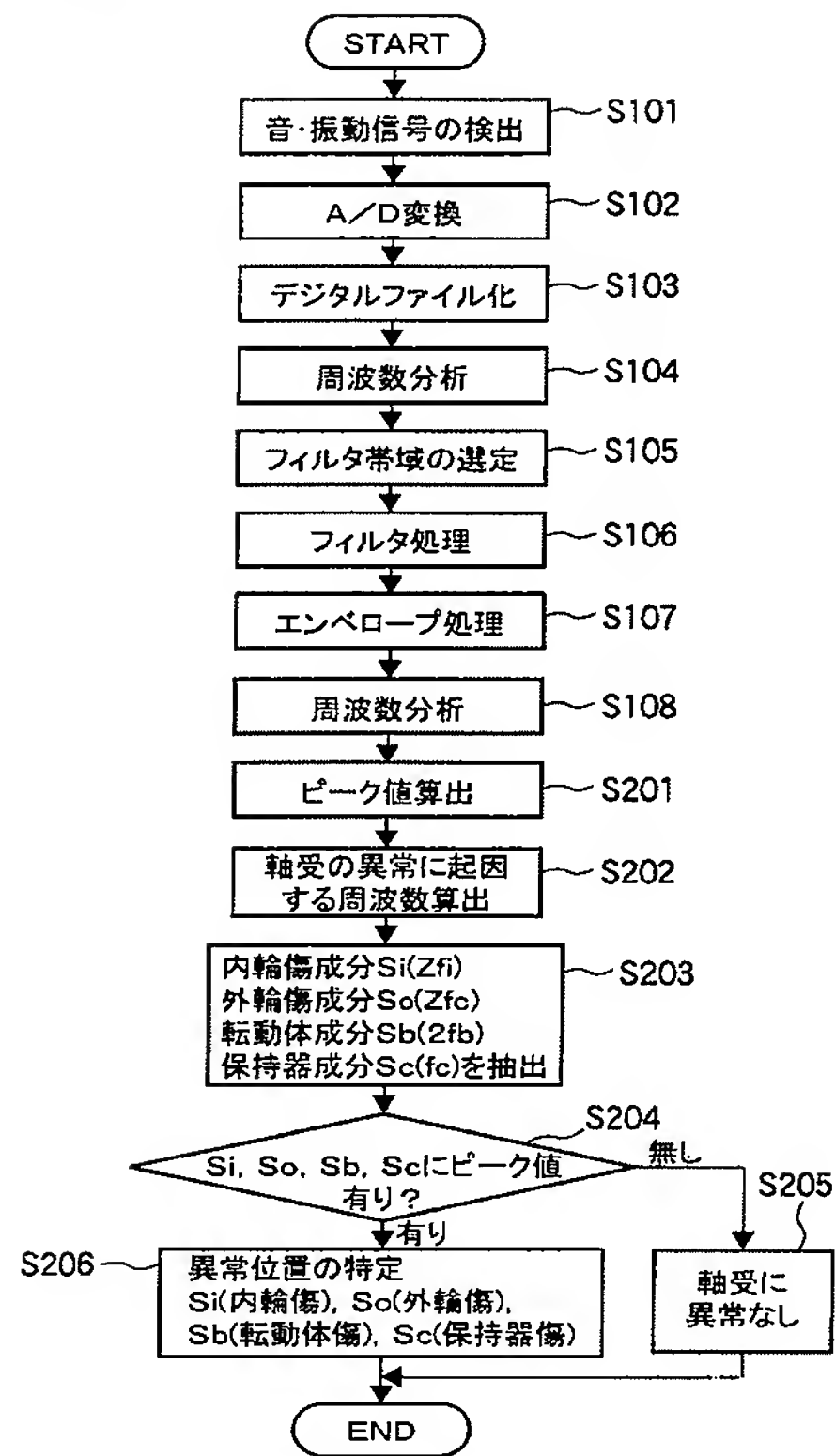
【図 9】



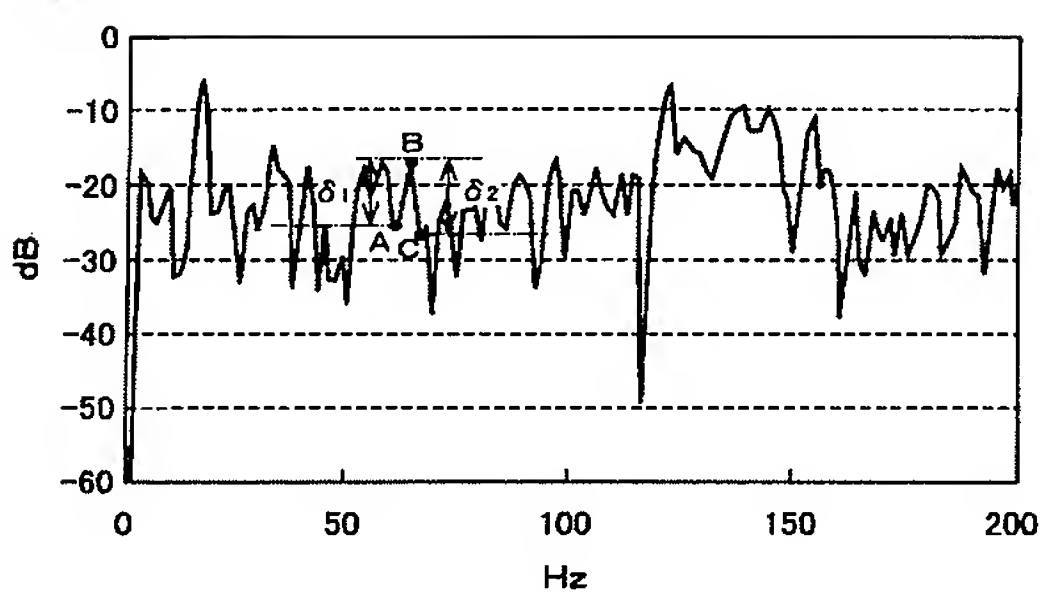
【図 10】



【図 1 1】

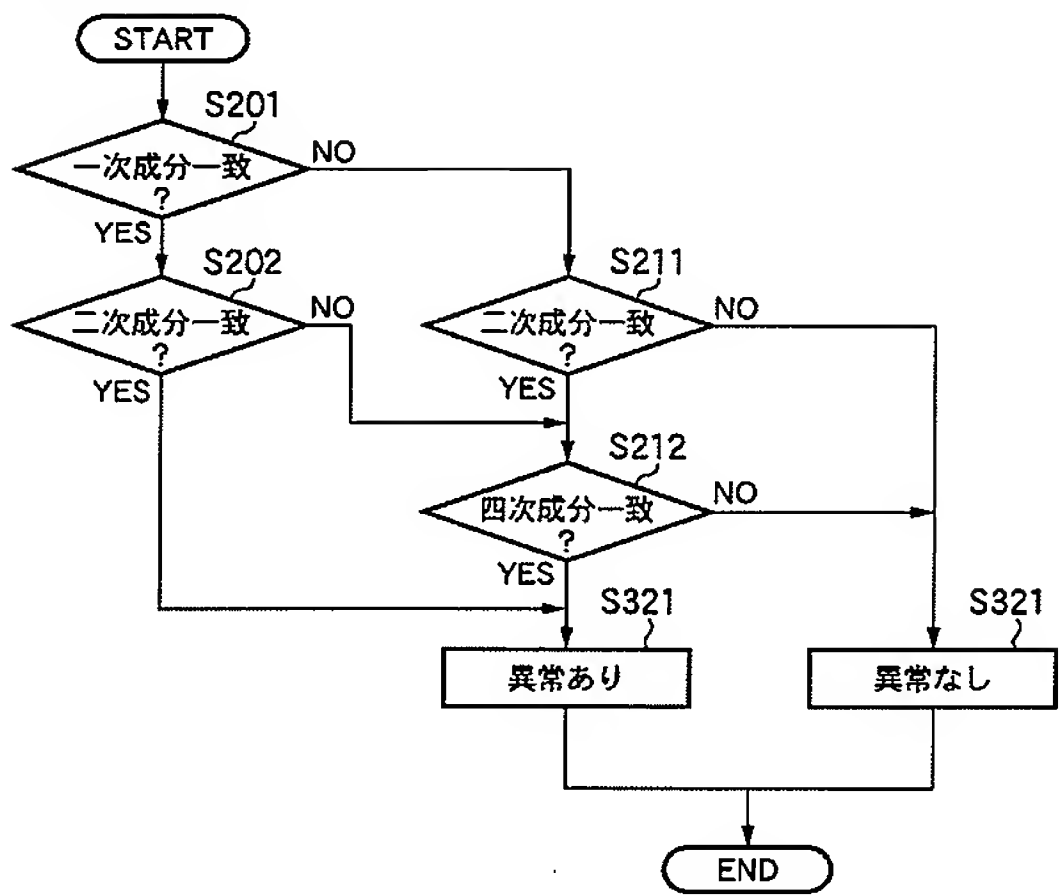


【図 1 2】

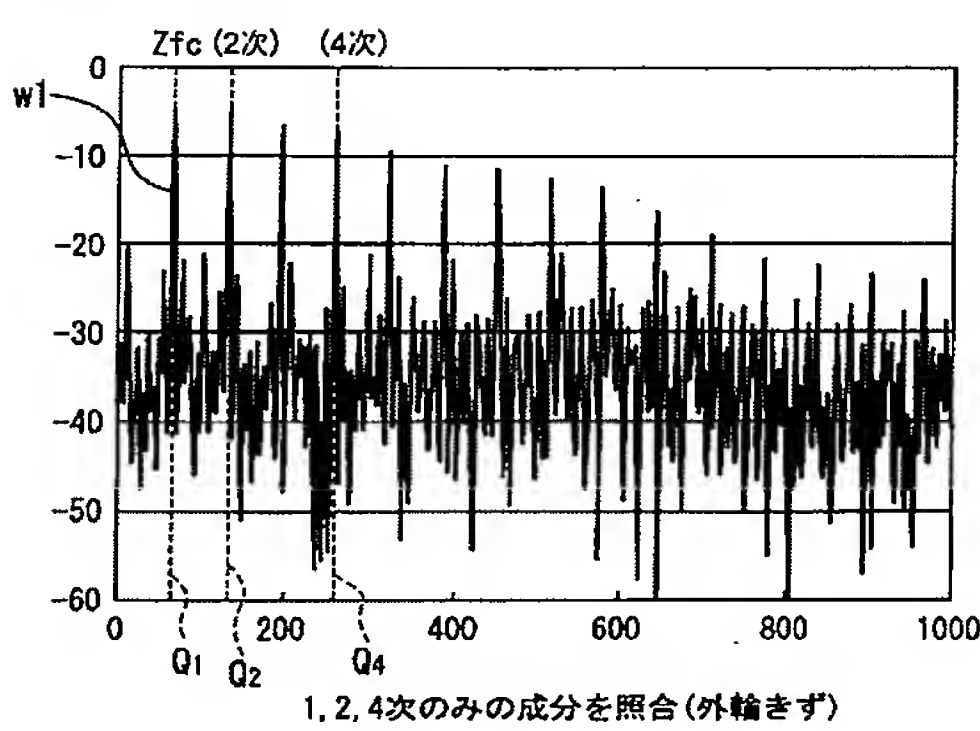


$A(X_0, Y_0), B(X_1, Y_1), C(X_2, Y_2)$ とすると
 $\delta_1 (=Y_1 - Y_0) > 0, \quad \text{--- ①}$
 $\delta_2 (=Y_2 - Y_1) < 0, \quad \text{--- ②}$
①, ②を満たし,
 $dy/dx = (Y_1 - Y_0)/(X_1 - X_0) > 1$
または,
 $dy/dx = (Y_2 - Y_1)/(X_2 - X_1) < -1$
を満たすとき, Y_1 をピークとする.

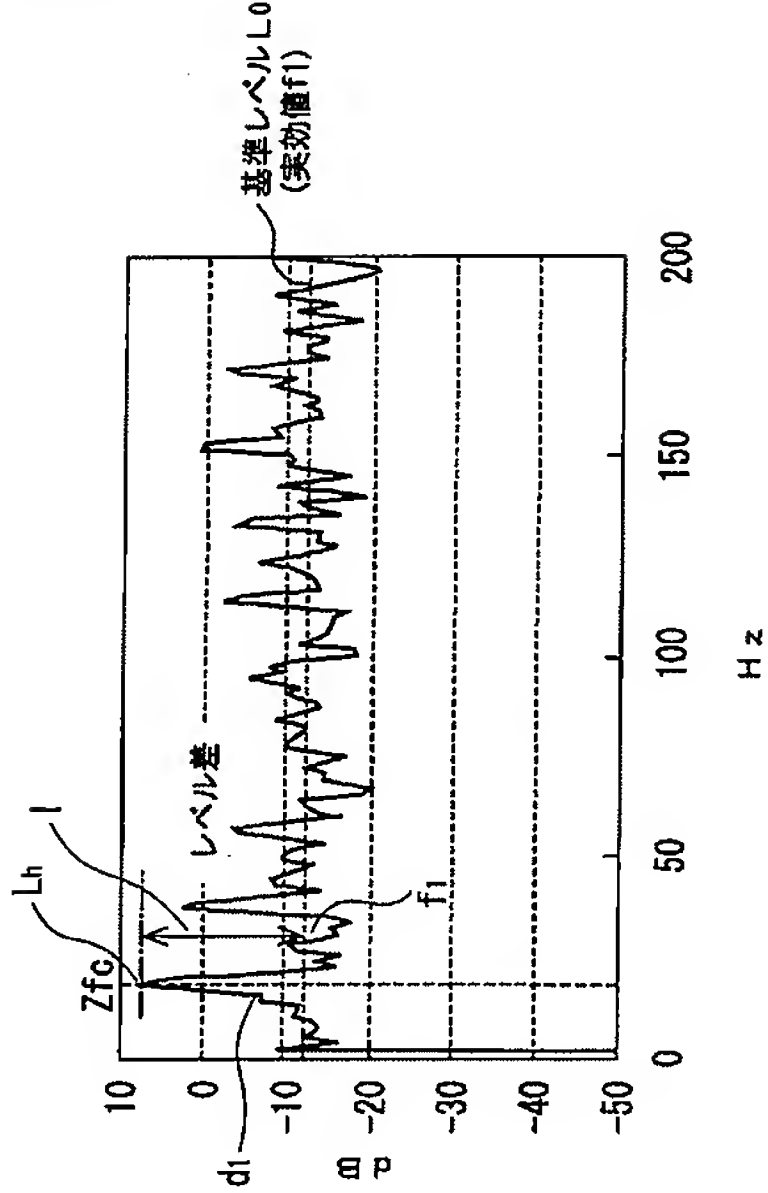
【図 1 3】



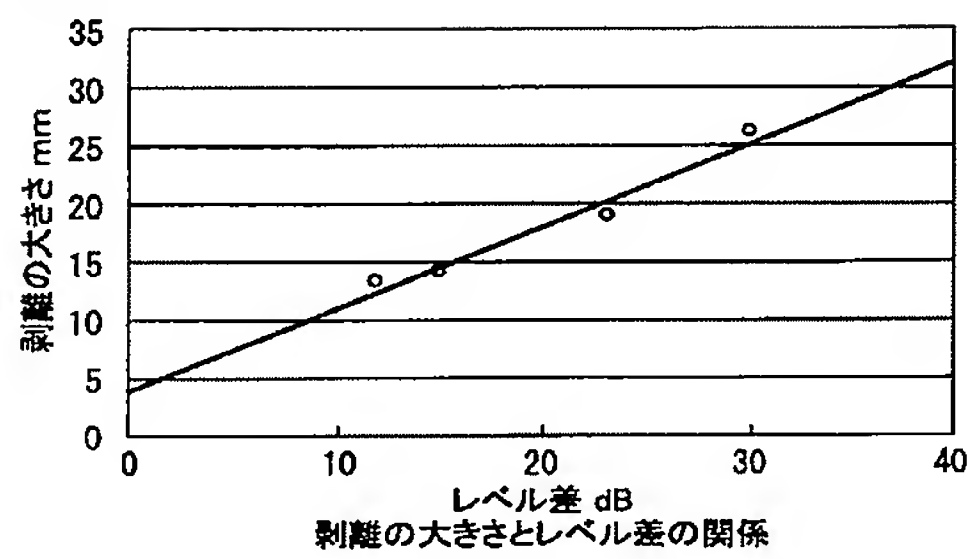
【図 1 4】



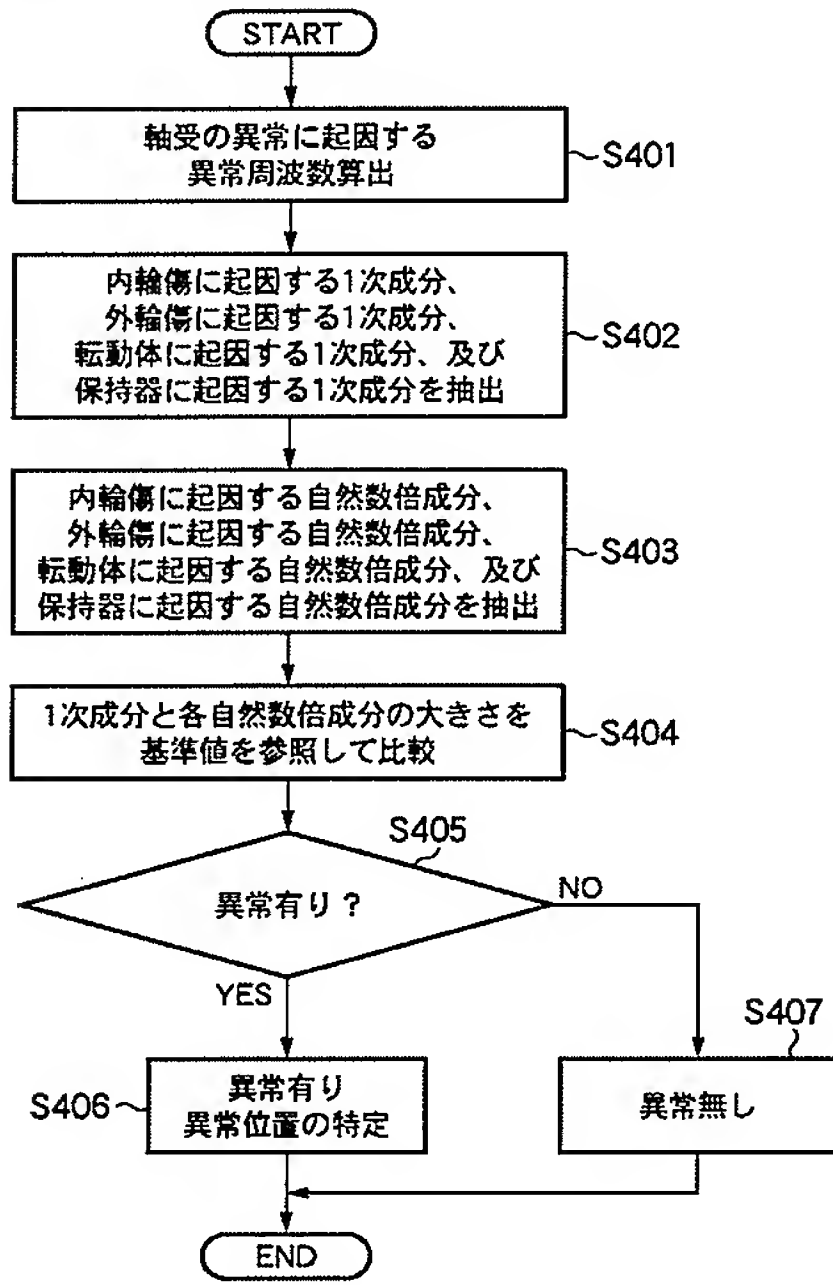
【図 15】



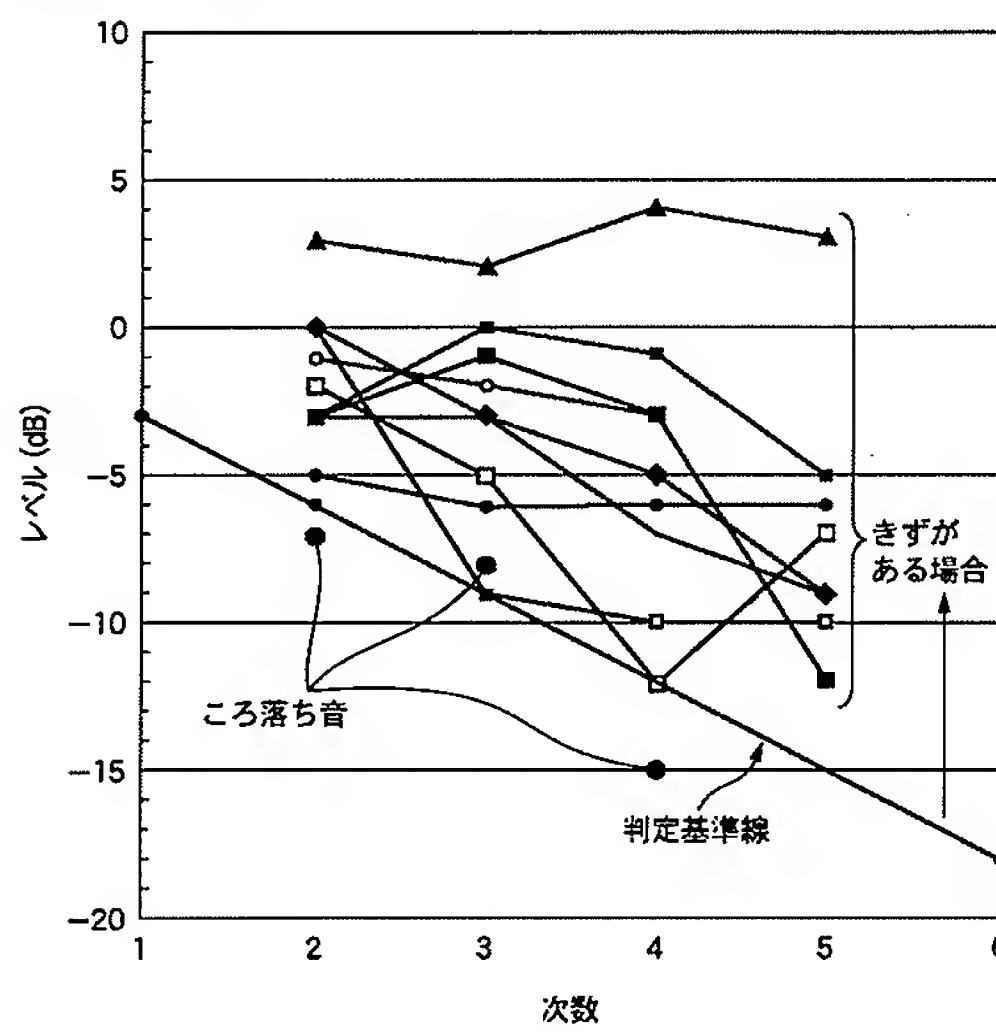
【図 16】



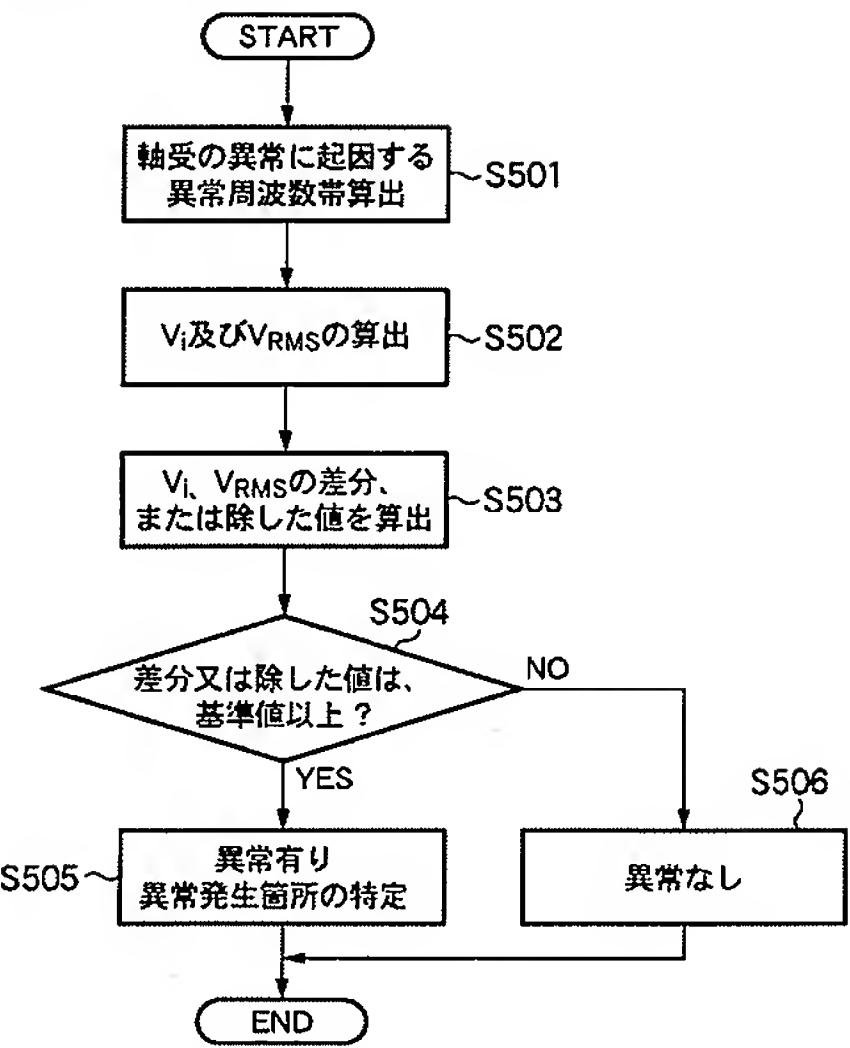
【図 17】



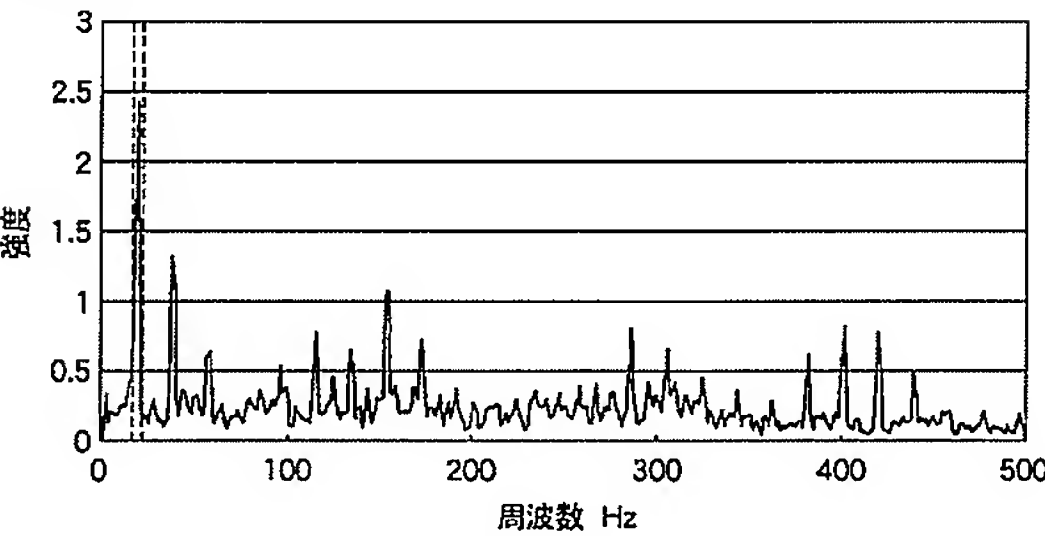
【図 18】



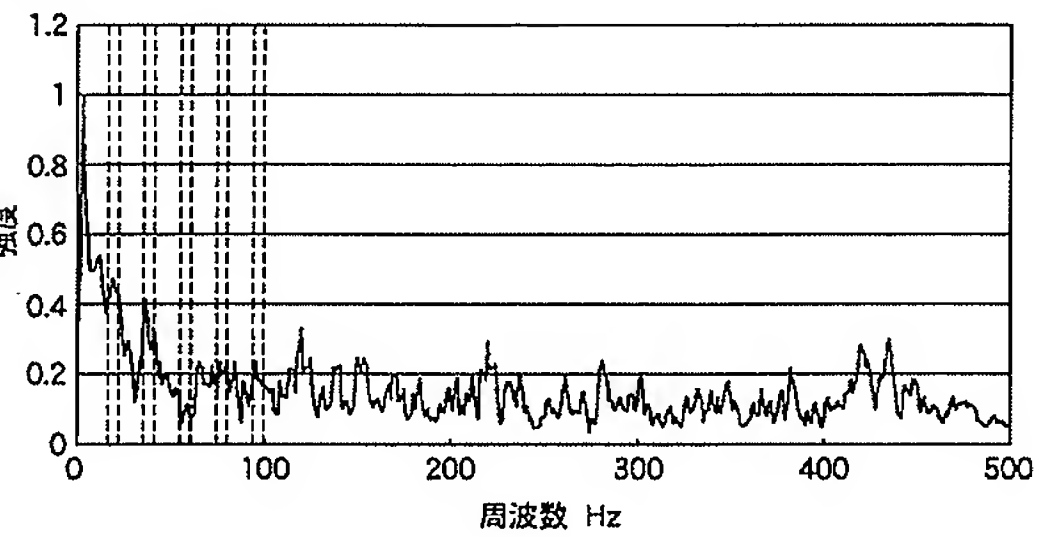
【図 19】



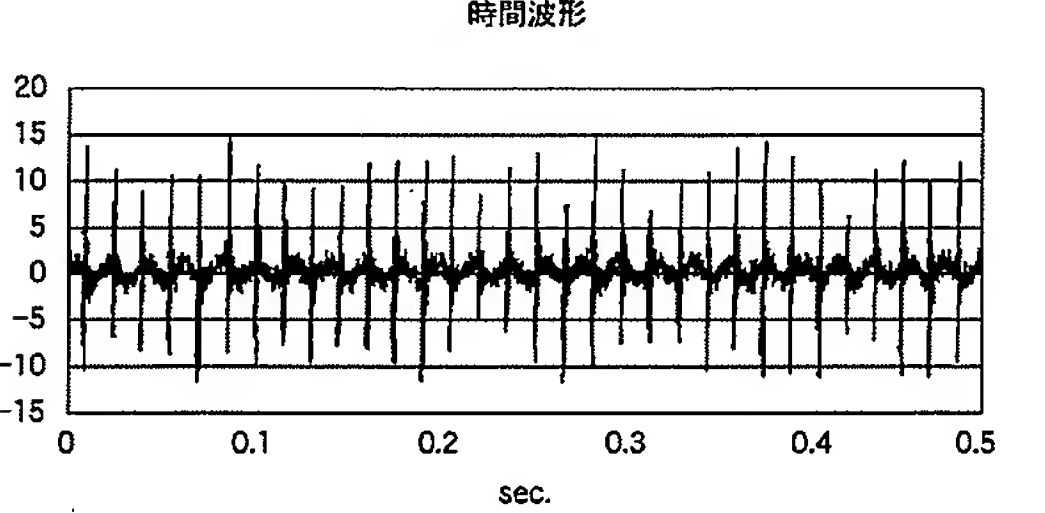
【図 20】



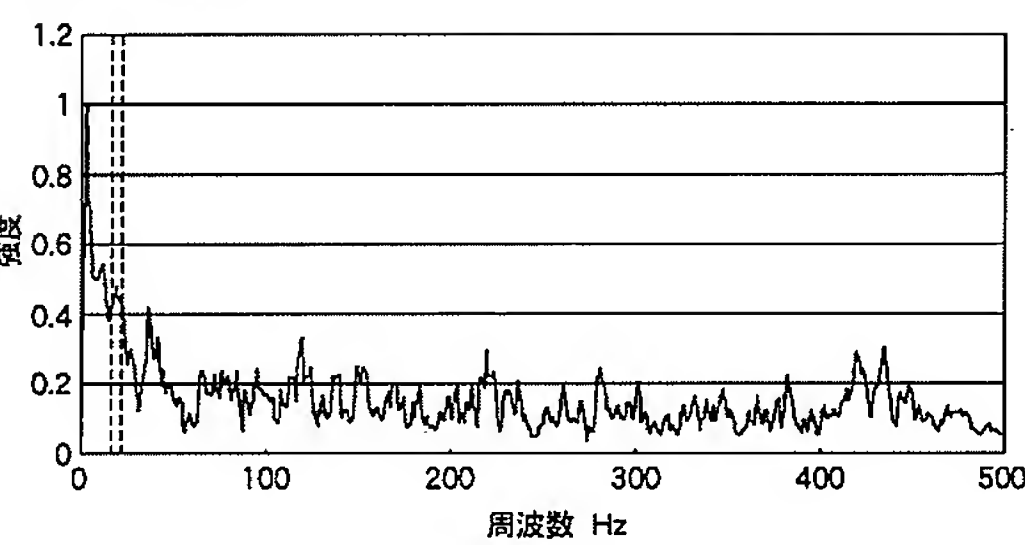
【図 23】



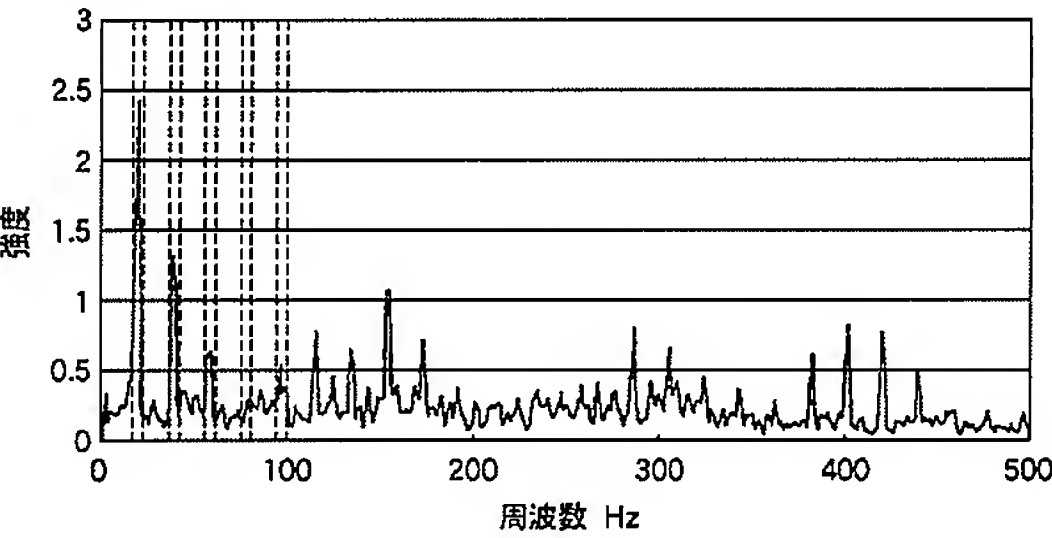
【図 24】



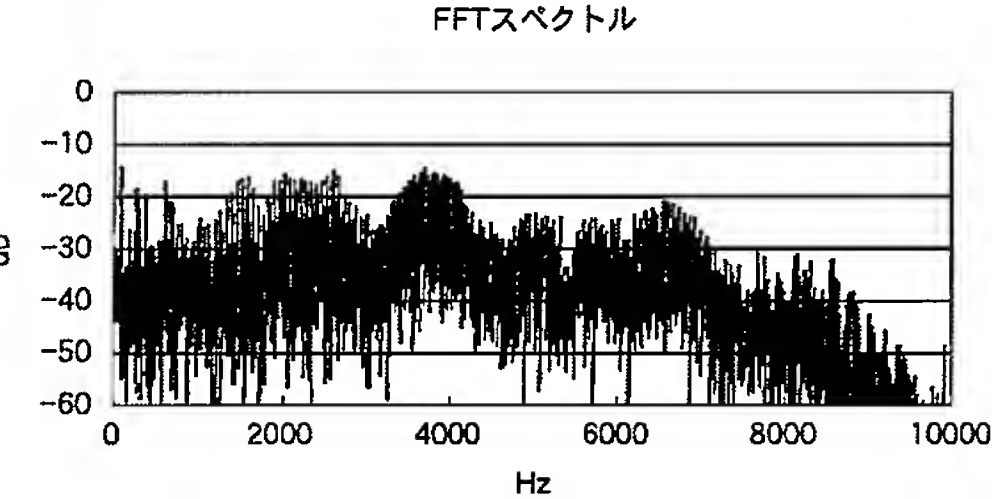
【図 21】



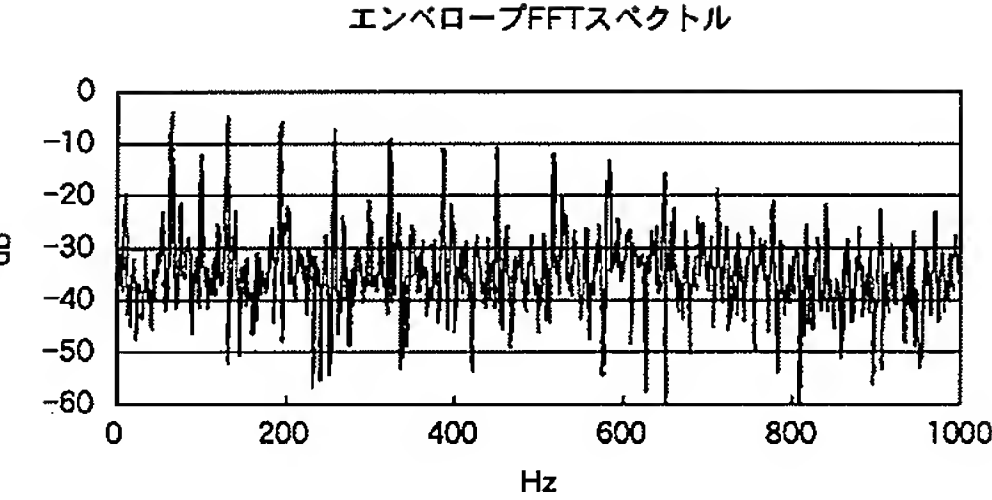
【図 22】



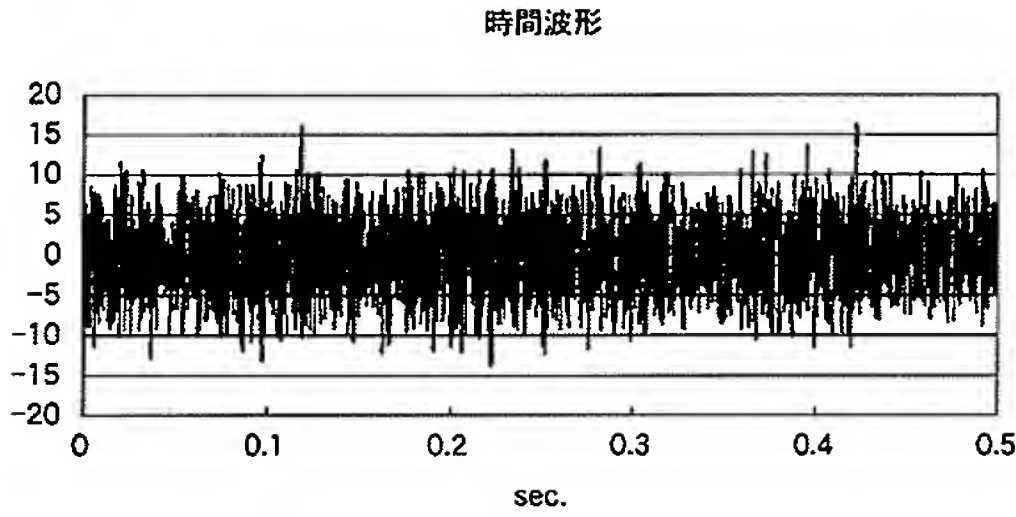
【図 25】



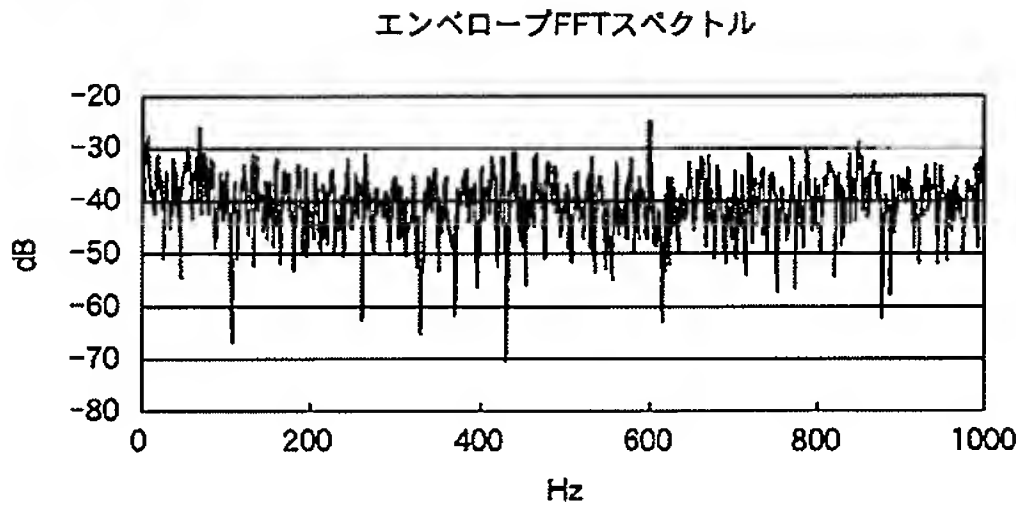
【図 26】



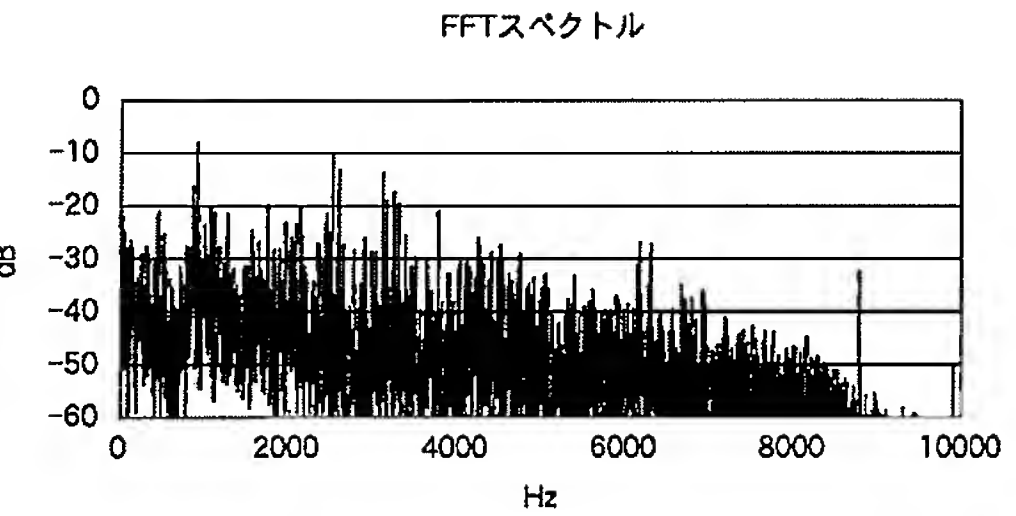
【図 27】



【図 29】



【図 28】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

F I

テーマコード (参考)

G O 1 M 13/04

G O 1 M 13/04

(72)発明者 宮坂 孝範

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

(72)発明者 荒牧 宏敏

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

(72)発明者 武藤 泰之

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

Fターム(参考) 2G024 AC01 BA27 CA13 DA09 FA02

3J101 AA16 AA25 AA32 AA43 AA54 AA62 BA54 BA56 FA24 FA26

FA41 GA02